Chemisch-technische Bibliothek. Band XCV.

Die elektrische Beleuchtung

und ihre Anwendung in der Praxis.

Mit besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse der internationalen elektrischen Ausstellung in Paris im Jahre 1881

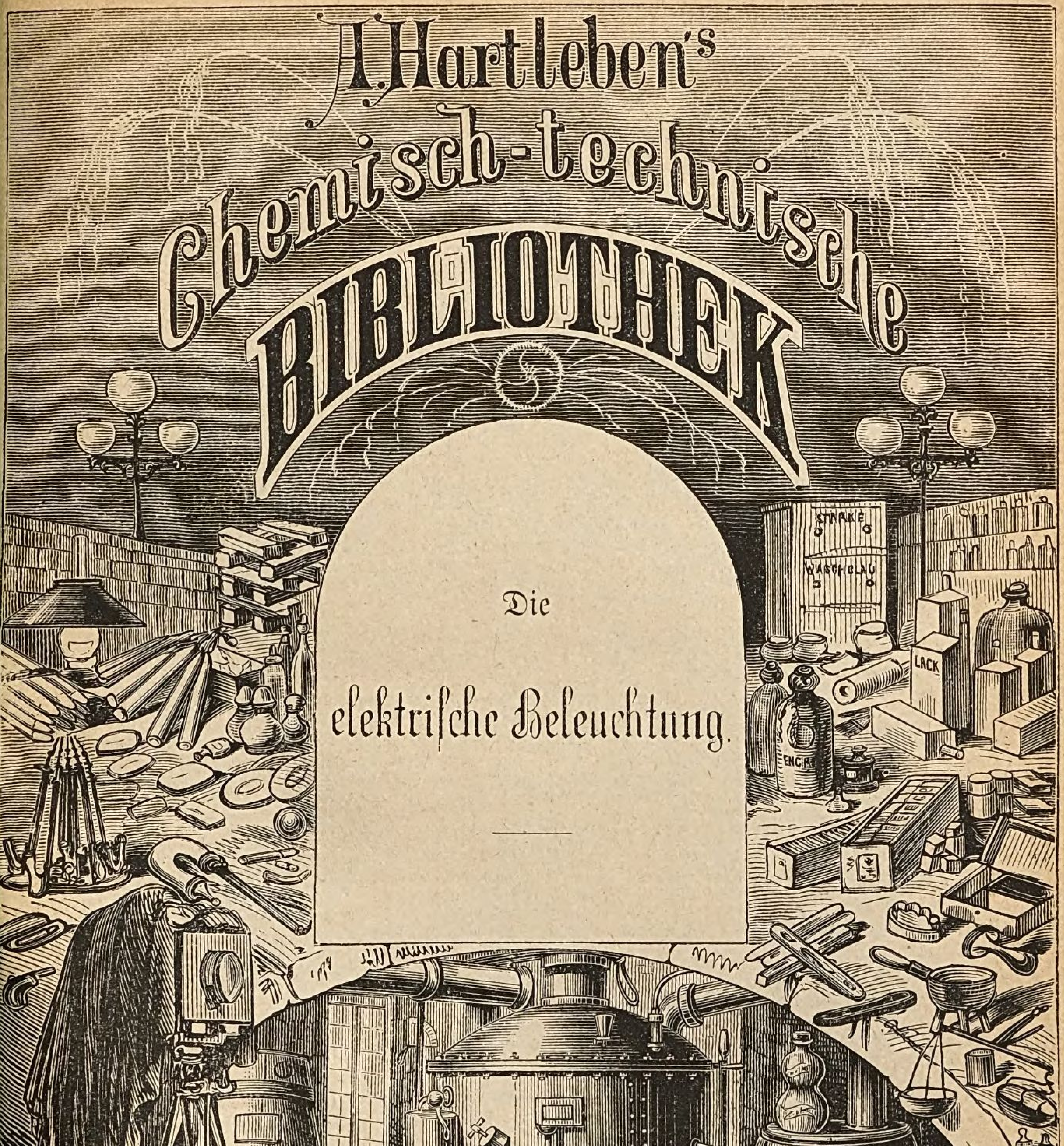
von

Dr. Alfred von Urbanitzky,
Assistent an der k. k. technischen Hochschule in Wien.

Mit 85 Abbildungen.

Wien. Pest. Leipzig.
A. Hartleben's Verlag.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.


A. Hartleben's
Chemisch-technische
BIBLIOTHEK
Die
elektrische Beleuchtung.
STÄRKE
WASCHBLAU
LACK
A. Horn del.
A. Hartleben's Verlag, Wien, Pest, Leipzig.

A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.

XVI. Band. **Die Stärke-Fabrikation und die Fabrikation des Traubenzuckers.** Eine populäre Darstellung der Fabrikation aller im Handel vorkommenden Stärkesorten, als der Kartoffelstärke, Weizenstärke, Mais-, Reis-, Arrow-root-Stärke ꝛc.; der Wasch- und Toilettestärke und des künstlichen Sago, sowie der Verwerthung aller bei der Stärke-Fabrikation sich ergebenden Abfälle und der Fabrikation des Dextrins, Stärkegummis, Traubenzuckers und der Zucker-Couleur. Von **Felix Rehwald**, Stärke- und Traubenzucker-Fabrikant. Mit 16 erläut. Abbild. 14 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark.

XVII. Band. **Die Tinten-Fabrikation, die Herstellung der Hektographen und Hektographirtinten und die Fabrikation der Tusche, der Tintenstifte, der Stempeldruckfarben sowie des Waschblaues.** Ausführliche Darstellung der Anfertigung aller Schreib-, Comptoir- und Copirtinten, aller farbigen und sympathetischen Tinten, der chinesischen Tusche, lithographischen Stifte und Tinten, unauslöschlichen Tinten zum Zeichnen der Wäsche, der Bereitung des besten Waschblaues und der Stempeldruckfarben. Nebst einer Anleitung zum Lesbarmachen alter Schriften. Nach eigenen Erfahrungen dargestellt von **Sigmund Lehner**, Chemiker und Fabrikant. 2. Aufl. Mit erläut. Abbild. 17 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark.

XVIII. Band. **Die Fabrikation der Schmiermittel, der Schuhwichse und Lederschmiere.** Darstellung aller bekannten Schmiermittel, als Wagenschmiere, Maschinenschmiere, der Schmieröle für Nähmaschinen und andere Arbeitsmaschinen und der Uhrmacheröle, ferner der Schuhwichse, Lederlacke und Lederschmiere für alle Gattungen von Leder. Von **Richard Brunner**, technischer Chemiker. Mit 5 erläut. Abbild. 2. Aufl. 12 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 20 kr. ö. W. = 2 M. 25 Pf.

XIX. Band. **Die Lohgerberei oder die Fabrikation des lohgaren Leders.** Ein Handbuch für Leder-Fabrikanten. Enthaltend die ausführliche Darstellung der Fabrikation des lohgaren Leders nach dem gewöhnlichen und Schnellgerbeverfahren, nebst der Anleitung zur Herstellung aller Gattungen Maschinenleder, des Juchten-, Saffian-, Corduan-, Chagrin- und Lackleders. Von **Ferdinand Wiener**, Leder-Fabrikant. Mit 43 Abbild. 35 Bog. 8. Eleg. geh. 4 fl. ö. W. = 7 M. 20 Pf.

XX. Band. **Die Weißgerberei, Sämischgerberei und Pergament-Fabrikation.** Ein Handbuch für Leder-Fabrikanten. Enthaltend die ausführliche Darstellung der Fabrikation des weißgaren Leders nach allen Verfahrungsweisen, des Glacéleders, Seifenleders u. s. w.; der Sämischgerberei, der Fabrikation des Pergaments und der Lederfärberei, mit besonderer Berücksichtigung der neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der Lederindustrie. Von **Ferdinand Wiener**, Leder-Fabrikant. Mit 20 Abbild. 27 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 75 kr. ö. W. = 5 Mark.

XXI. Band. **Die chemische Bearbeitung der Schafwolle oder das Ganze der Färberei von Wolle und wollenen Gespinnsten.** Ein Hilfs- und Lehrbuch für Färber, Färberei-Techniker, Tuch- und Garn-Fabrikanten und Solche, die es werden wollen. Dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft entsprechend und auf Grund eigener langjähriger Erfahrungen im In- und Auslande vorzugsweise praktisch dargestellt. Von **Victor Joclét**, praktischer Färber und Fabriks-Dirigent. Mit 29 Abbild. 27 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 75 kr. ö. W. = 5 Mark.

XXII. Band. **Das Gesammtgebiet des Lichtdrucks** nebst einer vollständigen, theoretisch praktischen Anleitung zur Ausübung der Photolithographie, Emailphotographie, Chemigraphie (Zinkographie) und anderweitigen Vorschriften zur Vervielfältigung der negativen und positiven Glasbilder. Bearbeitet von **J. Husnik**, k. k. Professor am I. Staatsgymnasium in Prag. 2. Aufl. Mit 11 Abbild. und 8 Illustrationsbeilagen. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark.

XXIII. Band. **Die Fabrikation der Conserven und Canditen.** Vollständige Darstellung aller Verfahren der Conservirung für Fleisch, Früchte, Gemüse, der Trockenfrüchte, der getrockneten Gemüse, Marmeladen, Fruchtsäfte u. s. w. und der Fabrikation aller Arten von Canditen, als: candirter Früchte, der verschiedenen Bonbons, der Rocks-Drops, der Dragées, Pralinées ꝛc. Von **A. Hausner**. Mit 18 Abbild. 24 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. ö. W. = 4 M. 50 Pf.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.

XXXIV. Band. **Die künstlichen Düngemittel.** Darstellung der Fabrikation des Knochen-, Horn-, Blut-, Fleischmehls, der Kalidünger, des schwefelsauren Ammoniaks, der verschiedenen Arten Superphosphate, der Poudrette u. s. f., sowie Beschreibung des natürlichen Vorkommens der concentrirten Düngemittel. Ein Handbuch für Fabrikanten künstlicher Düngemittel, Landwirthe, Zucker-Fabrikanten, Gewerbetreibende und Kaufleute. Von **Dr. S. Pick.** Fabrikant chemischer Producte. Mit 16 Abbild. 16. Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. ö. W. = 3 M. 25 Pf.

XXXV. Band. **Die Zinkogravure** oder das Aetzen in Zink zur Herstellung von Druckplatten aller Art, nebst Anleitung zum Aetzen in Kupfer, Messing, Stahl und andere Metalle. Auf Grund eigener praktischer, vieljähriger Erfahrungen bearbeitet und herausgegeben von **Julius Krüger.** 10 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö. W. = 2 Mark.

XXXVI. Band. **Medicinische Specialitäten.** Eine Sammlung aller bis jetzt bekannten und untersuchten medicinischen Geheimmittel mit Angabe ihrer Zusammensetzung nach den bewährtesten Chemikern. Gruppenweise zusammengestellt von **C. F. Capaun-Karlowa,** Apotheker. 18 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. ö. W. = 2 M. 50 Pf.

XXXVII. Band. **Die Colorie der Baumwolle auf Garne und Gewebe mit besonderer Berücksichtigung der Türkischroth-Färberei.** Ein Lehr- und Handbuch für Interessenten dieser Branchen. Nach eigenen praktischen Erfahrungen zusammengestellt von **Carl Romen,** Director der Möllersdorfer Färberei, Bleicherei und Appretur. Mit 6 Abbild. 24 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark.

XXXVIII. Band. **Die Galvanoplastik oder sichere Anleitung und ausführliche Darstellung des galvanoplastischen Verfahrens in all' seinen Theilen.** In leichtfaßlicher Weise bearbeitet von **Julius Weiß.** Mit 14 Abbild. 20 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. ö. W. = 3 M. 25 Pf.

XXXIX. Band. **Die Weinbereitung und Kellerwirthschaft.** Populäres Handbuch für Weinproducenten, Weinhändler und Kellermeister. Gemeinverständlich dargestellt auf Grundlage der neuesten wissenschaftlichen Forschungen der berühmtesten Oenologen und eigenen langjährigen praktischen Erfahrungen von **Antonio dal Piaz.** Mit 29 Abbild. 25 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark.

XL. Band. **Die technische Verwerthung des Steinkohlentheers,** nebst einem Anhange: Ueber die Darstellung des natürlichen Asphalttheers und Asphaltmastix aus den Asphaltsteinen und bituminösen Schiefern und Verwerthung der Nebenproducte. Von **Dr Georg Thenius,** technischer Chemiker. Mit 20 Abbild. 12 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. ö. W = 2 M. 50 Pf.

XLI. Band. **Die Fabrikation der Erdfarben.** Enthaltend: Die Beschreibung aller natürlich vorkommenden Erdfarben, deren Gewinnung und Zubereitung. Handbuch für Farben-Fabrikanten, Maler, Zimmermaler, Anstreicher und Farbwaaren-Händler. Von **Dr. Jos. Bersch** Mit 14 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark.

XLII. Band. **Desinfectionsmittel** oder Anleitung zur Anwendung der praktischesten und besten Desinfectionsmittel, um Wohnräume, Krankensäle, Stallungen, Transportmittel, Leichenkammern, Schlachtfelder u. s. w. zu desinficiren. Von **Wilhelm Heckenast.** 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö. W. = 2 Mark.

XLIII. Band. **Die Heliographie** oder: Eine Anleitung zur Herstellung druckbarer Metallplatten aller Art, sowohl für Halbtöne als auch für Strich- und Kornmanier, ferner die neuesten Fortschritte im Pigmentdruck und Woodbury-Verfahren (oder Reliefdruck), nebst anderweitigen Vorschriften zur Herstellung der für die Heliographie geeigneten Negative. Mit einem Anhange: Ein Ueberblick der photomechanischen Verfahren zur Zeit der Weltausstellung in Paris 1878. Bearbeitet von **J. Husnik,** k. k. Professor in Prag. Mit 6 Illustrationen und 6 Tafeln. 14 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. ö. W. = 4 M. 50 Pf.

A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.

XLIV. Band. **Die Fabrikation der Anilinfarbstoffe** und aller anderen aus dem Theere darstellbaren Farbstoffe (Phenyl-, Naphtalin-, Anthracen- und Resorcinfarbstoffe) und deren Anwendung in der Industrie. Für die Praxis bearbeitet von **Dr. Josef Bersch.** Mit 15 Abbild. 34 Bog. 8. Eleg. geh. 3 fl. 60 kr. ö. W. = 6 M. 50 Pf.

XLV. Band. **Chemisch-technische Specialitäten und Geheimnisse** mit Angabe ihrer Zusammenstellung nach den bewährtesten Chemikern. Alphabetisch zusammengestellt von **C. F. Capaun-Karlowa,** Apotheker u. s. w. 14 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. ö. W. = 2 M. 50 Pf.

XLVI. Band. **Die Woll- und Seidendruckerei in ihrem ganzen Umfange.** Ein praktisches Hand- und Lehrbuch für Druck-Fabrikanten, Färber und technische Chemiker. Enthaltend: das Drucken der Wollen-, Halbwollen- und Halbseidenstoffe, der Wollengarne und seidenen Zeuge. Unter Berücksichtigung der neuesten Erfindungen und unter Zugrundelegung langjähriger praktischer Erfahrung, bearbeitet von **Victor Joclét,** techn. Chemiker. Mit 54 Abbild. und 4 Tafeln. 37 Bog. 8. Eleg. geh. 3 fl. 60 kr. ö. W. = 6 M. 50 Pf.

XLVII. Band. **Die Fabrikation des Rübenzuckers.** Enthaltend: Die Erzeugung des Brotzuckers, des Rohzuckers, die Herstellung von Raffinad- und Candiszucker, nebst einem Anhange über die Verwerthung der Nachproducte und Abfälle &c. Zum Gebrauche als Lehr- und Handbuch leichtfaßlich dargestellt von **Richard v. Regner,** Chemiker und Mitglied mehrerer technischer Vereine. Mit 21 erläut. Abbild. 14 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark.

XLVIII. Band. **Farbenlehre.** Für die praktische Anwendung in den verschiedenen Gewerben und in der Kunstindustrie bearbeitet von **Alwin von Wouwermans.** Mit 7 Abbild. und 6 Tafeln. 11 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 20 kr. ö. W. = 2 M. 25 Pf.

IL. Band. **Vollständige Anleitung zum Formen und Gießen** oder genaue Beschreibung aller in den Künsten und Gewerben dafür angewandten Materialien als: Gyps, Wachs, Schwefel, Leim, Harz, Guttapercha, Thon, Lehm, Sand und deren Behandlung behufs Darstellung von Gypsfiguren, Stuccatur, Thon-, Cement-, Steingut-Waaren sowie beim Guß von Statuen, Glocken und den in der Messing-, Zink-, Blei- und Eisengießerei vorkommenden Gegenständen. Von **Eduard Uhlenhuth.** Mit 10 Abbild. 10 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö. W. = 2 Mark.

L. Band. **Die Bereitung der Schaumweine.** Mit besonderer Berücksichtigung der französischen Champagner-Fabrikation. Genaue Anweisung und Erläuterung der vollständigen rationellen Fabrikationsweise aller moussirenden Weine und Champagner. Mit Benützung des Robinet'schen Werkes, auf Grund eigener praktischer Erfahrungen und wissenschaftlicher Kenntnisse populär und allgemein faßlich dargestellt und erläutert von **A. v. Regner.** Mit 28 Abbild. 25 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 75 kr. ö. W. = 5 Mark.

LI. Band. **Kalk- und Luftmörtel.** Auftreten und Natur des Kalksteines, das Brennen desselben und seine Anwendung zu Luftmörtel. Nach gegenwärtigem Stande von Theorie und Praxis dargestellt von **Dr. Hermann Zwick.** Mit 30 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark.

LII. Band. **Die Legirungen.** Deren Darstellung, Eigenschaften und Anwendungen für industrielle und künstlerische Zwecke. Handbuch für alle Metallarbeiter. Bearbeitet von **A. Krupp.** Mit 11 Abbild. 28 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 75 kr. ö. W. = 5 Mark.

LIII. Band. **Unsere Lebensmittel.** Eine Anleitung zur Kenntniß der vorzüglichsten Nahrungs- und Genußmittel, deren Vorkommen und Beschaffenheit in gutem und schlechtem Zustande, sowie ihre Verfälschungen und deren Erkennung. Von **C. F. Capaun-Karlowa.** 10 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö. W. = 2 Mark.

LIV. Band. **Die Photokeramik, das ist die Kunst, photographische Bilder auf Porzellan, Email, Glas, Metall u. s. w. einzubrennen.** Als Lehr- und Handbuch nach eigenen Erfahrungen und mit Benützung der besten Quellen bearbeitet und herausgegeben von **Julius Krüger.** Mit 19 Abbild. 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. ö. W. = 2 M. 50 Pf.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.

LXV. Band. **Die Fabrikation der Emaille und das Emailliren.** Anleitung zur Darstellung aller Arten Emaille für technische und künstlerische Zwecke und zur Vornahme des Emaillirens auf praktischem Wege. Für Emaillefabrikanten, Gold- und Metallarbeiter und Kunst-Industrielle. Von **Paul Randau**, technischer Chemiker. Mit 8 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark.

LXVI. Band. **Die Glas-Fabrikation.** Eine übersichtliche Darstellung der gesammten Glasindustrie mit vollständiger Anleitung zur Herstellung aller Sorten von Glas und Glaswaaren. Zum Gebrauche für Glasfabrikanten und Gewerbetreibende aller verwandten Branchen auf Grund praktischer Erfahrungen und der neuesten Fortschritte bearbeitet von **Raimund Gerner**, Glasfabrikant. Mit 50 Abbild. 23 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. ö. W. = 4 M. 50 Pf.

LXVII. Band. **Das Holz und seine Destillations-Producte.** Ueber die Abstammung und das Vorkommen der verschiedenen Hölzer. Ueber Holz, Holzschleifstoff, Holzcellulose, Holzimprägnirung und Holzconservirung, Meiler- und Retorten-Verkohlung, Holzessig und seine technische Verarbeitung, Holztheer und seine Destillations-Producte, Holztheerpech und Holzkohlen nebst einem Anhange: Ueber Gaserzeugung aus Holz. Ein Handbuch für Waldbesitzer, Forstbeamte, Lehrer, Chemiker, Techniker und Ingenieure nach den neuesten Erfahrungen praktisch und wissenschaftlich bearbeitet von **Dr. Georg Thenius**, techn. Chemiker. Mit 32 Abbild. 24 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. ö. W. = 4 M. 50 Pf.

LXVIII. Band. **Die Marmorirkunst.** Ein Lehr-, Hand- und Musterbuch für Buchbindereien, Buntpapierfabriken und verwandte Geschäfte. Von **Jos. Phileas Boeck.** Mit 30 Marmorpapier-Mustern und 6 Abbild. 6 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. ö. W. = 1 M. 80 Pf.

LXIX. Band. **Die Fabrikation des Wachstuches,** des amerikanischen Ledertuches, des Wachs-Taffets, der Maler- und Zeichen-Leinwand, sowie die Fabrikation des Theertuches, der Dachpappe, und die Darstellung der unverbrennlichen und gegerbten Gewebe. Den Bedürfnissen der Praktiker entsprechend geschildert von **Rudolf Eßlinger**, Fabrikant. Mit 11 Abbild. 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. ö. W. = 2 M. 50 Pf.

LXX. Band. **Das Celluloid,** seine Rohmaterialien, Fabrikation, Eigenschaften und technische Verwendung. Für Celluloid- und Celluloidwaaren-Fabrikanten, für alle Celluloid verarbeitenden Gewerbe, Zahnärzte und Zahntechniker. Von **Dr. Fr. Böckmann**, technischer Chemiker. Mit 9 Abbild. 7 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. ö. W. = 1 M. 80 Pf.

LXXI. Band. **Das Ultramarin und seine Bereitung** nach dem jetzigen Stande dieser Industrie. Von **C. Fürstenau.** Mit 25 Abbild. 7 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. ö. W. = 1 M. 80 Pf.

LXXII. Band. **Petroleum und Erdwachs.** Darstellung der Gewinnung von Erdöl und Erdwachs (Ceresin), deren Verarbeitung auf Leuchtöle und Paraffin, sowie aller anderen aus denselben zu gewinnenden Producte und einem Anhang, betreffend die Fabrikation von Photogen, Solaröl und Paraffin aus Braunkohlentheer. Mit besonderer Rücksichtnahme auf die aus Petroleum dargestellten Leuchtöle, deren Aufbewahrung und technische Prüfung. Von **Arthur Burgmann**, Chemiker. Mit 12 Abbild. 16 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. ö. W. = 3 M. 25 Pf.

LXXIII. Band. **Das Löthen und die Bearbeitung der Metalle.** Eine Darstellung aller Arten von Loth, Löthmittel und Löthapparaten, sowie der Behandlung der Metalle während der Bearbeitung. Handbuch für Praktiker. Nach eigenen Erfahrungen bearbeitet von **Edmund Schlosser.** Mit 21 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark.

LXXIV. Band. **Die Gasbeleuchtung im Haus und die Selbsthilfe des Gas-Consumenten.** Praktische Anleitung zur Herstellung zweckmäßiger Gasbeleuchtungen, mit Angabe der Mittel, eine möglichst große Gasersparniß zu erzielen. Zur Belehrung für Gas-Consumenten, Gas-Installateure 2c. Von **A. Müller.** Mit 84 Abbild. 10 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö. W. = 2 Mark.

LXXV. Band. **Die Untersuchung der im Handel und Gewerbe gebräuchlichsten Stoffe** einschließlich der Nahrungsmittel. Ein Handbuch für Handel- und Gewerbetreibende jeder Art, für Apotheker, Photographen, Landwirthe, Medicinal- und Zollbeamte. Gemeinverständlich dargestellt von **Dr. S. Pick.** Mit 16 Abbild. 25 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. ö. W. = 4 M. 50 Pf.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.

LXXXVII. Band. **Die technischen Vollendungs-Arbeiten der Holz-Industrie,** das Schleifen, Beizen, Poliren, Lackiren, Anstreichen und Vergolden des Holzes, nebst der Darstellung der hierzu verwendbaren Materialien in ihren Hauptgrundzügen. Von **L. E. Andés.** Mit 20 Abbild. 13 Bog. 8. geh. 1 fl. 35 kr. = 2 M. 50 Pf.

LXXXVIII. Band. **Die Fabrikation von Albumin und Eierconserven.** Eine Darstellung der Eigenschaften der Eiweißkörper und der Fabrikation von Eier- und Blutalbumin, des Patent- und Naturalbumins, der Eier- und Dotter-Conserven und der zur Conservirung frischer Eier dienenden Verfahren. Von **Karl Ruprecht.** Mit 13 Abbildungen. 11 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 20 kr. ö. W. = 2 M. 25 Pf.

LXXXIX. Band. **Die Feuchtigkeit der Wohngebäude,** der Mauerfraß und Holzschwamm, nach Ursache, Wesen und Wirkung betrachtet und die Mittel zur Verhütung, sowie zur sicheren und nachhaltigen Beseitigung dieser Uebel unter besonderer Hervorhebung eines neuen und praktisch bewährten Verfahrens zur Trockenlegung feuchter Wände und Wohnungen. Für Baumeister, Bautechniker, Gutsverwalter, Tüncher, Maler und Hausbesitzer. Von **A. Keim,** technischer Director in München. Mit 14 Abbild. 8 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. ö. W. = 2 M. 50 Pf.

XC. Band. **Die Verzierung der Gläser durch den Sandstrahl.** Vollständige Unterweisung zur Mattverzierung von Tafel- und Hohlglas mit besonderer Berücksichtigung der Beleuchtungsartikel. Viele neue Verfahren: Das Lasiren der Gläser. Die Mattdecoration von Porzellan und Steingut. Das Mattiren und Verzieren der Metalle. Nebst einem Anhange: Die Sandblas-Maschinen. Von **J. B. Miller,** Glastechniker. Mit 8 Abbildungen. 11 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. ö. W. = 2 M. 50 Pf.

XCI. Band. **Die Fabrikation des Alauns,** der schwefelsauren und essigsauren Thonerde, des Bleiweißes und Bleizuckers. Von **Friedrich Jünemann,** technischer Chemiker. Mit 9 Abbild. 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. ö. W. = 2 M. 50 Pf.

XCII. Band. **Die Tapete,** ihre ästhetische Bedeutung und technische Darstellung, sowie kurze Beschreibung der Buntpapier-Fabrikation. Zum Gebrauche für Musterzeichner, Tapeten- und Buntpapier-Fabrikanten. Von **Th. Seemann.** Mit 42 Abbildungen. 16 Bog. 8. Eleg. geh 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark.

XCIII. Band. **Die Glas-, Porzellan-, und Email-Malerei in ihrem ganzen Umfange.** Ausführliche Anleitung zur Anfertigung sämmtl. bis jetzt zur Glas-, Porzellan-, Email-, Fayence- und Steingut-Malerei gebräuchlichen Farben und Flüsse, nebst vollständiger Darstellung des Brennens dieser verschiedenen Stoffe. Unter Zugrundelegung der neuesten Erfindungen und auf Grund eigener in Sèvres und anderen großen Malereien und Fabriken erworbenen Kenntnisse bearb. und herausg. von **Felix Hermann.** Mit 10 Abbildungen. 19 Bog 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark.

XCIV. Band. **Die Conservirungsmittel.** Ihre Anwendung in den Gährungsgewerben und zur Aufbewahrung von Nahrungsstoffen. Eine Darstellung der Eigenschaften der Conservirungsmittel und deren Anwendung in der Bierbrauerei, Weinbereitung, Essig- und Preßhefe-Fabrikation &c. Von **Dr. Josef Bersch.** Mit 8 Abbild. 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. ö. W. = 2 M. 50 Pf.

XCV. Band. **Die elektrische Beleuchtung** und ihre Anwendung in der Praxis. Mit besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse der internationalen elektrischen Ausstellung in Paris im Jahre 1881. Verfaßt von **Dr. Alfred v. Urbanitzky,** Assistent an der k. k. technischen Hochschule in Wien. Mit 85 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark.

XCVI. Band. **Preßhefe, Kunsthefe und Backpulver.** Ausführliche Anleitung zur Darstellung von Preßhefe nach allen bekannten Methoden, zur Bereitung der Kunsthefe und der verschiedenen Arten von Backpulver. Praktisch geschildert von **Adolf Wilfert.** 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. ö. W. = 2 Mark.

XCVII. Band. **Der praktische Eisen- und Eisenwaarenkenner.** Kaufmännisch-technische Eisenwaarenkunde. Ein Handbuch für Händler mit Eisen- und Stahlwaaren, Ex- und Importeure, Agenten und Fabrikanten, für Eisenbahn- und Baubehörden, Handels- und Gewerbeschulen &c. Von **Eduard Japing,** dipl. Ingenieur und Redacteur, früher Eisenwerks-Director. Mit 100 Abbild. 35 Bog. 8. Eleg. geh. 3 fl. 30 kr. ö. W. = 6 Mark.

In eleganten Ganzleinwandbänden per Band 45 kr. ö. W. = 80 Pf. Zuschlag zu den oben bemerkten Preisen.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Die elektrische Beleuchtung

und ihre Anwendung in der Praxis.

Mit besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse der internationalen elektrischen Ausstellung in Paris im Jahre 1881

verfaßt von

Dr. Alfred von Urbanitzky
Assistent an der k. k. technischen Hochschule in Wien.

Mit 85 Abbildungen.

Wien. Pest. Leipzig.
A. Hartleben's Verlag.
1882.

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Vorwort.

Die hohe Bedeutung der Elektricität für das praktische Leben heute noch besonders hervorzuheben, hieße fast einen Schlag ins Wasser führen. Durch die Vervollkommnungen, welche die dynamische Maschine von Gramme und Siemens erfahren hat, ist es möglich, gewaltige elektrische Ströme zu einem Preise zu erzeugen, der es nicht nur gestattet, sondern vielmehr äußerst vortheilhaft erscheinen läßt, sich der Elektricität für die Praxis im ausgedehntesten Maße zu bedienen.

Voll und gewichtig greift diese Naturkraft in alle Zweige der Industrie, des praktischen Lebens ein.

Die Zahl der Erfindungen, geeignet, der Elektricität die Bahnen anzuweisen, um als bewegende Kraft, als Licht, als Scheidekünstler aufzutreten, hat sich in den letzten Jahren enorm gesteigert. Zeugniß davon gab die internationale elektrische Ausstellung, welche im Herbste 1881 in Paris abgehalten wurde und zweifelsohne einen Wendepunkt unseres ganzen Beleuchtungswesens bilden wird. Diese Erfindungen liefern aber nicht nur sehenswerthe Apparate, sondern, trotz der kurzen Spanne Zeit, stehen sie bereits im großartigsten Umfange in nutzbringender Verwendung. In Amerika, England Frankreich und Deutschland steht der Elektro-Techniker gleich berechtigt und gleich einflußreich neben dem Eisenbahn-Techniker, Maschinen-Ingenieur und Architekten.

Es sollten auf allen technischen Schulen, erklärte der geh. Regierungrath Dr. Siemens in einem jüngst gehaltenen Vortrage, mindestens auf den technischen Hochschulen Lehrstühle der Elektro-Technik gegründet werden, um wenigstens unsere technische Jugend mehr vertraut mit der Elektricitätslehre und ihrer technischen Anwendung zu machen.

Das »Telegraphic Journal« gibt vierzehn amerikanische und englische Gesellschaften an, welche sich ausschließlich damit beschäftigen, die Elektricität praktisch zu verwerthen und beziffert das ihnen zur Verfügung stehende Capital auf 2,795.000 Pfund Sterling. Diese Zahl mag wohl deutlicher sprechen als alles Uebrige!

Unter allen Anwendungen der Elektricität ist die zur Beleuchtung heute die dringendste geworden. Vorliegendes Buch ist ein Versuch, diese Frage nach allen Seiten hin, gründlich und sachgemäß, mit steter Berücksichtigung der praktischen Bedürfnisse zu behandeln. Von diesem Standpunkte aus wurde es daher auch unterlassen, auf zwar historisch oder wissenschaftlich interessante, aber heutzutage für die Praxis nicht mehr in Betracht kommende Maschinen, Lampen ꝛc. näher einzugehen. Es wurde nur das aufgenommen, was bereits bewährt gefunden wurde. Die liebenswürdige Bereitwilligkeit, mit welcher mir die Herren Ingenieure, Constructeure und Fabrikanten Beschreibungen, Zeichnungen, Clichés zur Verfügung stellten, setzte mich in die angenehme Lage, größtentheils authentische Mittheilungen benützen zu können.

Wo dies nicht der Fall war, bediente ich mich der Werke von H. Fontaine (deutsch von F. Roß); »Die elektrische Beleuchtung«; von Dr. H. Schellen: »Die magnet- und dynamoelektrischen Maschinen« (II. Auflage) und der verschiedenen Fachzeitschriften. Die Arbeit wurde mir in erster Linie möglich gemacht durch den Besuch der internationalen elektrischen Ausstellung in Paris 1881, zu welchem mir die Munificenz des h. k. k. Ministeriums für Cultus und Unterricht und der löbl. nied.-österr. Gewerbe-Verein in Wien die Mittel boten.

Eine besondere Förderung wurde mir auch durch Herrn Professor Dr. Edm. Reitlinger zu Theil, dessen gütigst ertheilte Rathschläge ich häufig zu benützen in der glücklichen Lage war.

Ich erfülle eine angenehme Pflicht, hierfür öffentlich meinen tiefgefühltesten und wärmsten Dank auszusprechen.

Dr. A. v. Urbanitzky.

I.

Geschichtliche Entwicklung der elektrischen Beleuchtung.

Der Voltabogen.

Im Jahre 1813 war es, als Davy, ein zweiter Prometheus, die Menschheit lehrte, sich selbst Sonnen zu entzünden. Auch er barg das neue Feuer in einem Stabe; er lockte aus einem Stäbchen Holzkohle den blendenden Lichtbogen hervor. Und nun glüht an tausend und aber tausend Orten Davy's Sonne, als leuchtendes Denkmal, das er sich selbst gesetzt hat.

Ein Stückchen Kupfer und ein Stückchen Zink geeignet verbunden, geben ein Element: so lehrte bereits im Jahre 1800 Volta. Er vereinigte eine größere Anzahl solcher Paare zu einem Ganzen und hatte hiermit die nach ihm benannte Säule erfunden. Diese war der Grundstein zu einem Gebäude, an dessen Ausbaue das neunzehnte Jahrhundert mit Aufgebot seiner besten Kräfte gearbeitet hat, und welches bei der Pariser Ausstellung im Jahre 1881 das erste Mal in voller Macht und Größe sich dem Auge des erstaunten Beschauers enthüllte.

Rasch hatte Davy die Wichtigkeit des neuen Instrumentes erkannt und sich dessen bemächtigt. Der von der

Voltasäule gelieferte Strom wird desto stärker, je größer die Anzahl der Elemente ist. Kann man aber den Strom auf diese Art zu einer beliebigen Stärke bringen, so, dachte Davy, müsse es gelingen, ihm eine Größe zu geben, welche die Größe jener Kraft, mit der die Atome eines Körpers aneinander haften, überbieten würde. Von diesem Gedanken geleitet baute er eine Säule oder Batterie von 2000 Elementen, mit welcher er seine berühmten elektrochemischen Untersuchungen ausführte. Da ließ er einst die beiden Poldrähte in Stäbchen aus Holzkohle endigen, brachte diese erst zur Berührung und entfernte sie dann wieder von einander: ein blendend heller Bogen entstand, das »elektrische Licht« war entdeckt. Die Stäbchen konnten 10 Centimeter von einander entfernt werden, und der Bogen blieb; ja er blieb selbst bei einer Entfernung der Kohlenstäbchen bis zu 18 Centimeter, als Davy das Experiment unter der Glocke einer Luftpumpe wiederholte und hierbei die Luft bis auf einen Druck von 6 Millimeter Quecksilbersäule verdünnte.

Eine Reihe von Forschern beschäftigte sich von nun an mit der Untersuchung des Voltabogens. So fand Despretz, daß bei Vermehrung der Elemente der Lichtbogen schneller wächst als die Zahl der Elemente, daß dieser Zuwachs stärker ist für kleine Lichter als für große, daß der Lichtbogen länger ist, wenn sich der positive Pol oben befindet, als wenn er den unteren Platz einnimmt.

Foucault und Fizeau maßen die Lichtstärke und fanden, die Lichtintensität der Sonne als Einheit angenommen, jene des elektrischen Lichtes = 0·5, des Drummond'schen Kalklichtes = 0·0066 und des Mondlichtes = 0·000003 der Intensität des Sonnenlichtes; Tyndall machte interessante Experimente über die Wärme-Entwicklung im Voltabogen.

Den größten Einfluß übt aber die Natur der Elektroden aus; je leichter flüchtig diese sind, desto leichter entsteht der Bogen. Schwer ist er herzustellen zwischen Platin-Elektroden, weniger schwierig zwischen Elektroden aus leicht flüchtigen Metallen, wie z. B. aus Zink, am längsten wird er aber bei Anwendung von Kohlen, die mit leichtflüchtigen Salzlösungen getränkt sind.

So erhielt Casselmann mit 44 Bunsen'schen Elementen einen $4^1/_2$ Millimeter langen Bogen, wenn er rohe Kohlenspitzen anwandte, erreichte aber die doppelte Länge, wenn die Kohlen mit Kalilauge getränkt waren.

Dieses Verhalten des Voltabogens gibt einen Fingerzeig, daß man sich das Zustandekommen desselben durch Glühendwerden und Verflüchtigung kleiner Theilchen der Elektroden zu erklären hat. Bei näherer Untersuchung der Kohlen, zwischen denen der Voltabogen gebildet war, findet man, daß die positive Kohle bedeutend mehr abgenommen als die negative, ja letztere sogar häufig zugenommen hat, wenn der Bogen in einer Atmosphäre von Stickstoff sich befand, also keine Kohlentheilchen verbrennen konnten. Der Voltabogen ist somit ein Strom glühender Elektrodentheilchen, die zumeist in der Richtung von der positiven zur negativen Elektrode gehen.

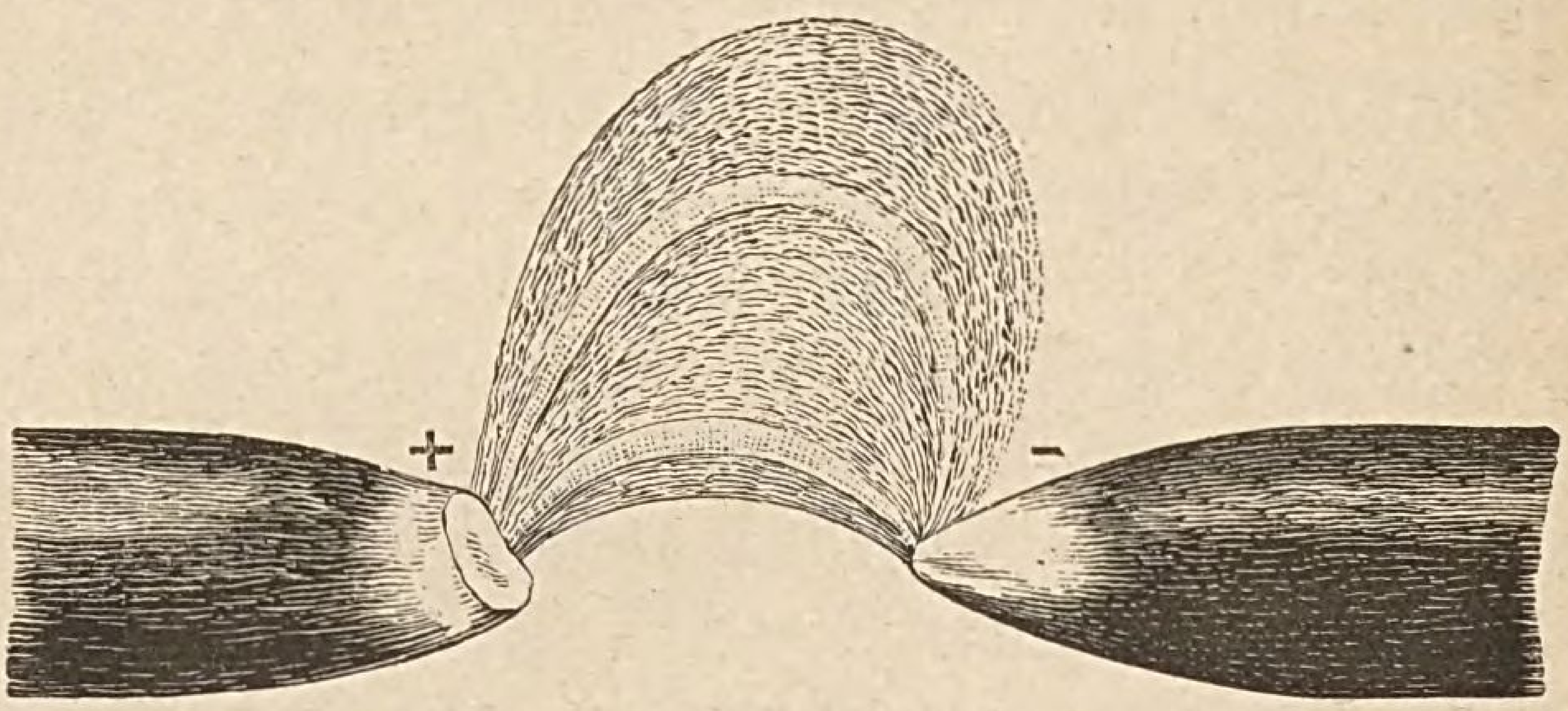
Kurze Zeit nach dem Entstehen des Bogens zwischen zwei Kohlenspitzen erhalten diese ein von einander verschiedenes Aussehen. (Fig. 1.)

Die positive Kohlen-Elektrode höhlt sich kraterartig aus und bildet eine kleine Sonne, welche an 65% der ganzen Lichtmenge nach Richtungen ausstrahlt, die der Wölbung des Kraters entsprechen. Die negative Elektrode bleibt spitz und sendet daher ihre Lichtstrahlen nach allen Richtungen.

Dieses Verhalten ist wichtig für die Construction von elektrischen Lampen.

Die Verflüchtigung der Elektroden, selbst wenn diese aus den am schwersten flüchtigen Metallen hergestellt sind, beweist, daß die Temperatur des Lichtbogens eine sehr hohe sein muß, vielleicht die höchste, die wir erzeugen können. Depretz ist es gelungen, selbst die am schwersten schmelzbaren Metalle mit Hilfe einer Bunsen'schen Batterie von 500 bis 600 Elementen zum Schmelzen und Kohle zum Verdampfen

Fig. 1.



zu bringen. Hierbei zeigt die positive Kohle immer eine höhere Temperatur als die negative, was man schon einfach dadurch sehen kann, daß man die Kohlen, zwischen welchen der Bogen leuchtet, so weit von einander entfernt, daß der Strom nicht mehr durchgehen kann: die positive Kohle ist dann weißglühend, während die negative nur rothglühend erscheint.

Man führt als Vorzug des elektrischen Lichtes gegenüber anderen Beleuchtungsarten auch gewöhnlich den an, daß durch jenes die oft lästig werdende Erhitzung der Locale umgangen wird.

Steht diese Behauptung nicht im Widerspruche mit den eben angeführten Thatsachen?

Keineswegs; die wärmeausstrahlende Fläche des elektrischen Lichtes ist im Verhältnisse zu der anderer Lichter so klein, daß die Gesammtwärmemenge des ersteren weit hinter der der letzteren zurückbleibt. Ein Beispiel mag diese Erklärung versinnlichen: In einem Zimmer erglüht ein Platindraht in heftigster Weißgluth, in einem zweiten, mit dem ersten gleich großen Zimmer wird ein Ofen mäßig geheizt. Es wird jedermann klar sein, daß man im ersten Zimmer trotz der Weißgluth des Drahtes ganz ungehindert erfrieren kann, während man sich im letzteren vollkommen behaglich fühlen wird.

Siemens fand, daß ein elektrisches Licht von 4000 Kerzen Helligkeit 142·5 Wärme-Einheiten*) per Minute erzeugt. Will man dieselbe Lichtmenge durch Gasflammen erhalten, so bedarf man 200 Argandbrenner, welche 15.000 Wärme-Einheiten erzeugen.

Das elektrische Licht bringt also ungefähr 1% der Wärme hervor, welche eine gleich helle Gasbeleuchtung ergeben würde.

Regulatoren.

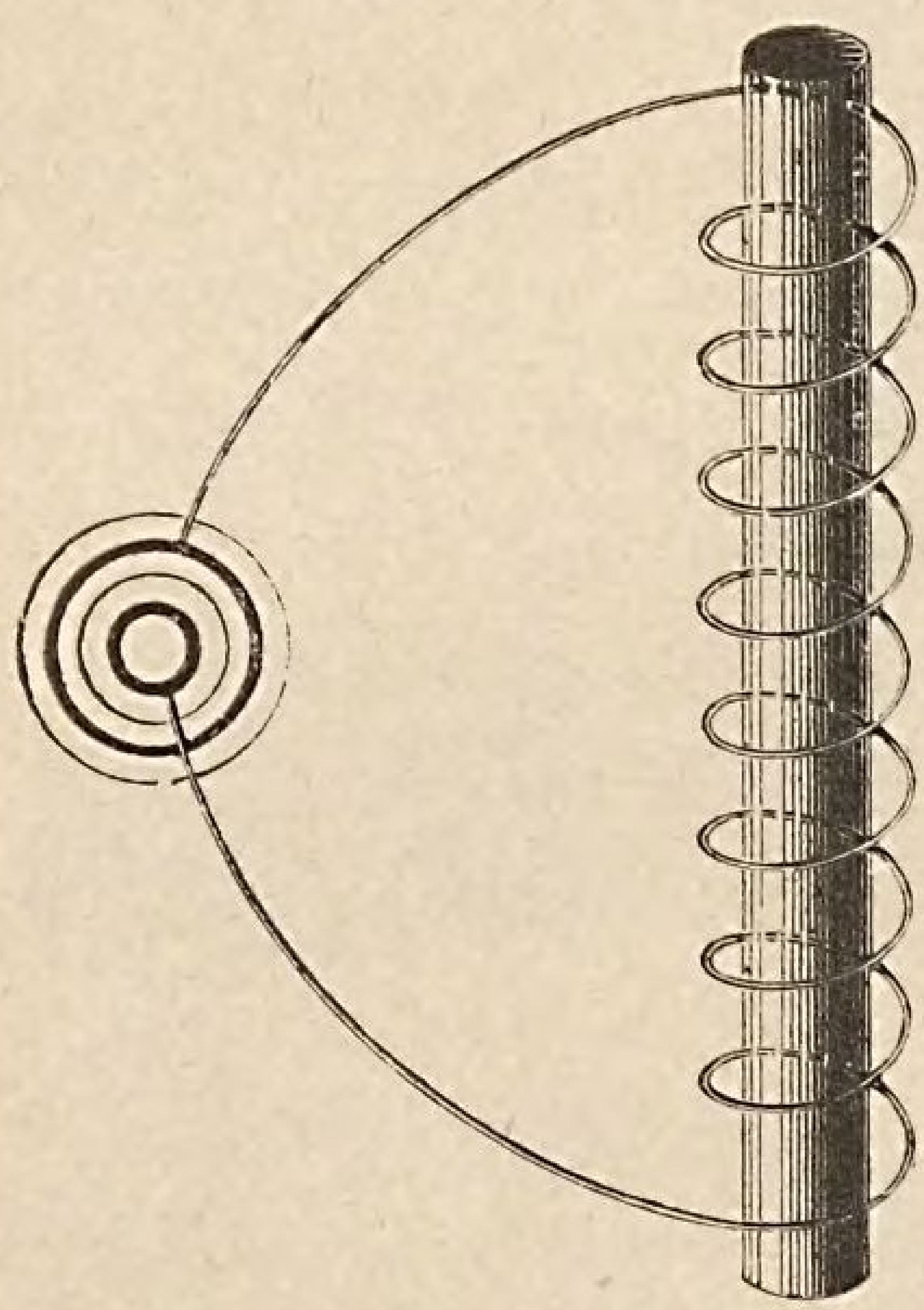
Die starke Erhitzung der Kohlen bewirkt ein Verbrennen derselben und dadurch wird der Abstand beider Kohlen immer größer, bis endlich die Kraft des Stromes nicht mehr ausreicht, den Zwischenraum durch den Voltabogen zu überbrücken. Dies tritt bei Anwendung von Holzkohlen sehr rasch ein. An eine praktische Verwendung des elektrischen Lichtes war unter solchen Umständen nicht zu denken. Den ersten Schritt, um diesem Uebelstande abzuhelfen, machte

*) Eine Wärme-Einheit = jener Wärmemenge, welche man braucht, um 1 Kilogramm Wasser von 0° auf 1° Celsius zu erwärmen.

Leon Foucault im Jahre 1844 durch Anwendung von Retortenkohle und Construction einer Lampe, bei welcher man die Entfernung der Kohlenspitzen mit der Hand regulirte. Mit dieser Lampe wurden im selben Jahre von Deleul Beleuchtungsversuche auf dem Place de la Concorde in Paris unternommen.

Im Jahre 1845 erdachte Thomas Wright in London eine Lampe, bei welcher der Lichtbogen zwischen zwei kreisrunden Kohlenscheiben hervorgerufen wurde, die man durch irgend einen Mechanismus in Drehung versetzte.

Fig. 2.



Ein wesentlicher Fortschritt in der Construction von Lampen datirt aus dem Jahre 1848. Leon Foucault in Frankreich, Staite und Petrie in England legten als Princip ihrer Constructionen die Regulirung der Entfernung der Kohlenspitzen von einander durch den Strom selbst zu Grunde. Dieses Princip ist seither bei allen Regulatoren in Anwendung und dieselbe gründet sich auf folgende Erwägung: Umwickelt man (Fig. 2) einen Eisenkern mit einer Drahtspirale und läßt durch diese dann einen elektrischen Strom gehen, so wird der Eisenkern magnetisch, und zwar, unter sonst gleichen Umständen, stärker, wenn der Strom stärker, und schwächer, wenn der Strom schwächer ist. Der Strom wird aber, bei im übrigen ungeänderten Bedingungen, dann schwächer, wenn der Widerstand im Schließungsbogen zunimmt, stärker, wenn derselbe abnimmt. Nun ist eben auch der Voltabogen ein Theil des Schließungsbogens und verhält sich wie dieser; wird

er durch Abbrennen der Kohlen länger, so vergrößert er den Widerstand, schwächt den Strom, und wenn dieser auf die früher angegebene Art auf einen Eisenkern wirkt, so nimmt auch der Magnetismus des Eisenkernes genau der Stromschwächung entsprechend ab.

Diese Veränderungen der Stärke des Magnetismus, welche immer genau den Aenderungen der Stromstärke im Schließungsbogen entsprechen, dazu benützt, auf die Bewegung der Kohlenspitzen von einander oder gegen einander einzuwirken, bilden das Princip sämmtlicher Regulatoren.*)

Le Molt, Archereau, Foucault, Dubosq, Harrison, Wallace-Farmer und viele andere construirten nun Lichtregulatoren, die mehr oder weniger der Anforderung entsprachen, ein constantes Licht zu erhalten.

Hierdurch war allerdings wieder ein Schritt vorwärts gethan, um das elektrische Licht für die Praxis anwendbar zu machen. Und in der That bediente sich im Jahre 1848 die Pariser Oper desselben, als es sich bei der Aufführung des »Propheten« darum handelte, den Aufgang der Sonne darzustellen. Der Erfolg war ein brillanter, und seitdem wurde das elektrische Licht bei allen größeren Opern und Balleten verwendet. Wichtiger war seine Anwendung beim Baue der spanischen Nordbahn im Jahre 1862, des Forts Chavagnac bei Cherbourg, der Rheinbrücke bei Straßburg u. s. w.

Aber alle Anwendungen erstreckten sich nur auf solche Fälle, in welchen die Kosten dieser neuen Beleuchtung nicht in Betracht kamen, sei es, daß der gewünschte Effect auf

*) Ausgenommen sind nur die übrigens praktisch nie verwendeten Regulatoren von Way (1856) und Harrison (1868), die unter Anwendung von Quecksilber construirt sind.

keine andere Weise zu erreichen war, oder sei es, daß die Wichtigkeit der Sache unbedingt nöthig machte, auch bei Nacht zu arbeiten. Zu einer ausgedehnteren Anwendung kam es nicht, da man zur Erzeugung des elektrischen Stromes kein anderes Mittel kannte als die Batterien, deren Anwendung nicht nur kostspielig ist, sondern auch mancherlei Unbequemlichkeiten mit sich führt.

Magnet-elektrische Maschinen.

Um der elektrischen Beleuchtung eine ausgedehntere Verwendbarkeit zu geben, mußte man zunächst auf ein Mittel sinnen, den elektrischen Strom billig herzustellen. Man fand dieses Mittel in der von Faraday 1831 entdeckten Induction, d. h. in der Erzeugung elektrischer Ströme durch elektrische Ströme oder durch Magnete. Für den Bau von Maschinen kommen in Betracht alle Arten der Magneto-Induction, sowie auch jene Induction, welche durch die Bewegung eines von einem Strome durchflossenen Leiters zu oder von einem Leiter entsteht.

Schon im Jahre 1832 wurde die Magneto-Induction von Pixii in Paris zum Baue einer Maschine benützt. Er befestigte an einem Gestelle parallel neben einander zwei Drahtspulen derart, daß ihre Längsrichtungen vertical waren; unter den Spulen konnte ein kräftiger, permanenter Magnet von Hufeisenform um seine Längsaxe, die gleichfalls vertical gestellt war, in rasche Rotation versetzt werden. Da aber der Strom, welcher bei der Bewegung des Magnetpoles zur Spule in dieser entsteht, die entgegengesetzte Richtung hat, wie der Strom, welcher bei der Bewegung von der Spule inducirt wird, so gab die Maschine Ströme von umso rascher wechselnder Richtung, je rascher die

Rotation des Magnetes bewirkt wurde. In vielen Fällen ist das fortwährende Wechseln der Stromrichtung störend; diesem Uebelstande half Pixii dadurch ab, daß er einen Commutator oder Stromwender an seiner Maschine anbrachte.

Die Maschine wurde dann durch Saxton, Clarke und Ettingshausen dadurch verbessert, daß diese statt des schweren Magnetes den viel leichteren Inductor (Armatur mit Drahtlagen) rotiren ließen.

Bedeutend günstigere Resultate gaben die größeren Maschinen von Stöhrer, welcher mehrere sehr große und kräftige, zusammengesetzte Magnete anwandte und dicht über deren Polen ein System von Inductoren rasch rotiren ließ. Durch diesen Erfolg angeregt construirte man nun große magneto-elektrische Maschinen, von welchen die der Gesellschaft »l'Alliance« und die Maschine von Holmes die bekanntesten sind. Sie bilden zugleich die ersten Maschinen, die in der Praxis Verwendung fanden.

Den nächsten Fortschritt machte im Jahre 1857 Siemens durch Erfindung des Cylinder-Inductors. Er änderte nämlich die Form der Spulen derart ab, daß nicht nur die höchste inducirende Kraft der Magnetpole ausgenützt, sondern auch die Dauer der Stromunterbrechung bedeutend verkürzt wurde. Die einfachste Form des Inductors und dessen Lage zu den Polen der Magnete zeigen die Figuren 3, 4 und 5. Ein Eisencylinder E ist seiner Länge nach so ausgeschnitten, daß der Querschnitt die Gestalt eines doppelten T annimmt. In die Nuth ist isolirter Kupferdraht in der Weise gewickelt, daß die Form des Cylinders wieder vollkommen hergestellt ist; ein Ende des Drahtes geht in die Achse a des Cylinders, das andere

Ende zu einem auf diese Achse isolirt aufgesetzten Ring r. Jeder der nahe aneinander parallel liegenden Stahlmagnete ist an der inneren Seite bei n und s kreisförmig ausgeschnitten; der Cylinder rotirt in diesen Ausschnitten mit möglichst geringem Spielraume und ist an dieser Stelle der größten magnetischen Kraft, der stärksten inducirenden

Fig. 3.

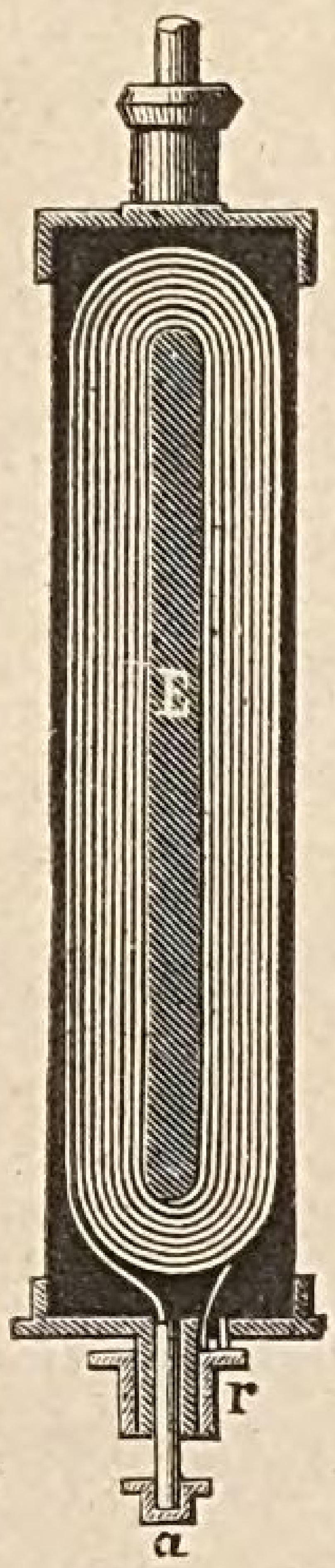


Fig. 4.

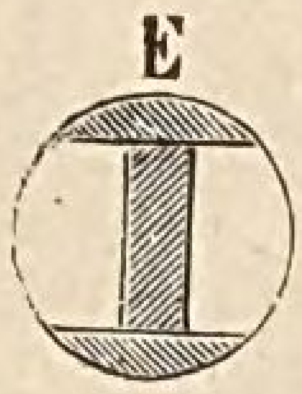
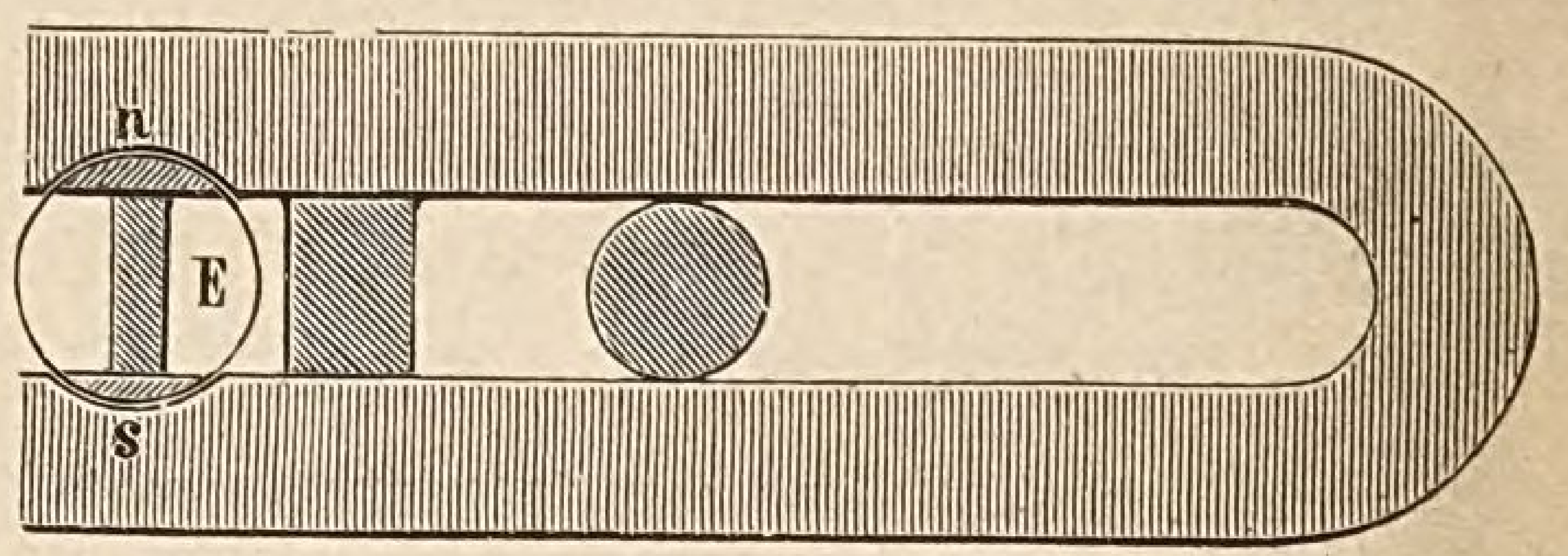


Fig. 5.



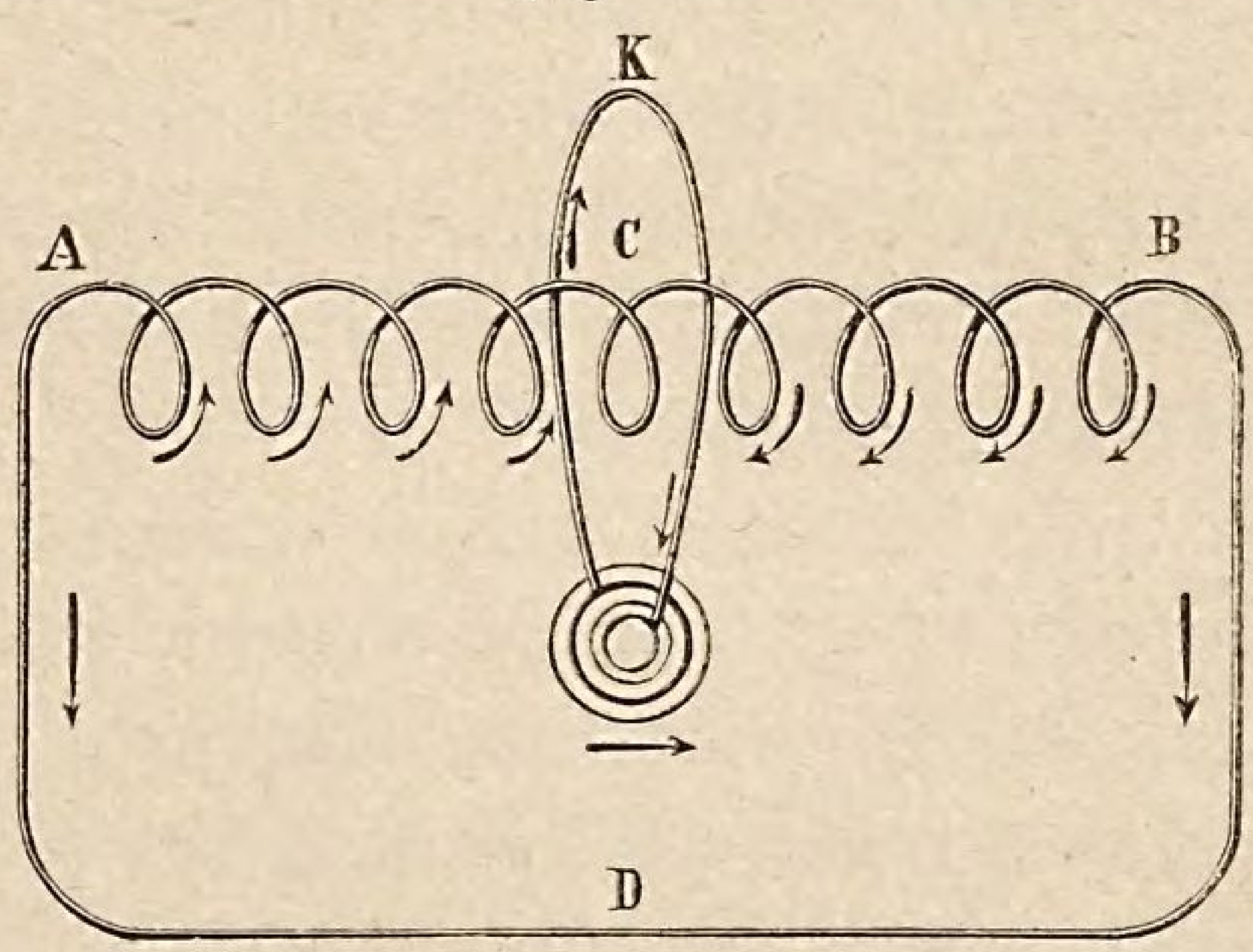
Wirkung ausgesetzt. Siemens erhielt durch seine Construction bei kleineren Dimensionen stärkere Ströme, als die früher erwähnten Maschinen gaben. Er selbst erzeugte nach diesem Principe Maschinen für telegraphische Zwecke, Läutewerke 2c., konnte es aber zu einer Anwendung im Großen nicht bringen. Dies erreichte erst Wilde in Manchester im Jahre 1866 dadurch, daß er die starken Inductionsströme einer Siemens'schen Magnetmaschine dazu anwandte, außerordentlich kräftige Elektromagnete zu erzeugen, die dann auf einen großen Cylinder-Inductor einwirkten. Letzterer wurde durch eine Dampfmaschine von 15 Pferdekräften in Rotation versetzt und lieferte Ströme von bis dahin unerreichter Stärke. Die Größe und der hohe Preis der Maschine, sowie auch der Betriebskraft schlossen aber eine ausgedehnte Anwendung in der Praxis aus.

Die dynamo-elektrische Maschine.

Im Jahre 1867 gelang es abermals Siemens,*) einen bedeutenden Fortschritt in der Erzeugung von Elektricität anzubahnen, indem er das dynamische Princip entdeckte, d. h. die Umwandlung von mechanischer Arbeit in elektrischen Strom ohne Zuhilfenahme permanenter Magnete.

Zum leichteren Verständnisse dieses Principes mögen folgende Bemerkungen dienen.

Fig. 6.



Nähert oder entfernt man von einem Leiter einen zweiten, welcher von einem elektrischen Strome durchflossen wird, so entsteht in ersterem ein Strom; die Richtung dieses inducirten Stromes ist der Richtung des Stromes im zweiten Leiter entgegengesetzt, wenn dieser genähert wird, aber gleich gerichtet, wenn die beiden Leiter sich von einander bewegen. Fig. 6 mag dies verdeutlichen.

Der Stromkreis K bewegt sich von A nach B und nähert sich somit allen Windungen zwischen B und C; daher

*) »Alfred Varley kann auch die Entdeckung dieses Principes für sich in Anspruch nehmen, nachdem er im December 1866 in England eine provisorische Patent-Specification deponirt hat, welche dieses Princip enthält, somit vor Siemens«. (Fontaine: »Elektrische Beleuchtung.« Deutsch von F. Roß). Zwischen Siemens und Wheatstone ist die Priorität zu Gunsten Siemens entschieden, da Siemens im Jänner und Wheatstone im Februar publicirte.

muß in diesen die Richtung des inducirten Stromes entgegengesetzt sein der Richtung des Stromes in K; von den Windungen, welche zwischen A und C liegen, entfernt sich der Stromkreis K, in diesen muß also die Stromrichtung die gleiche wie in K sein. In dem Leiter A C B D treten während der Bewegung des Ringes K immer zwei Ströme auf, die einander entgegengesetzt gerichtet sind, und zwar wird auf dem Wege des Ringes K von A bis C der entgegengesetzt gerichtete Strom stärker sein als der gleichgerichtete, da der Ring sich einer größeren Anzahl von Windungen der Spirale nähert als entfernt; im ganzen Schließungsbogen wird also der dem Strom im Ringe entgegengesetzt gerichtete Strom überwiegen, daher ein Strom in der Richtung A C B D A fließen. In der gezeichneten Stellung befindet sich der Ring gerade in der Mitte der Spirale, inducirt daher in gerade so vielen Windungen zwischen C und B einen entgegengesetzt seinem eigenen Stromlaufe gerichteten Strom, als zwischen A C den ihm gleichgerichteten Strom. Die in beiden Seiten inducirten Ströme sind gleich stark, heben sich also gegenseitig auf und die Spirale ist stromlos. Bei dem Fortschreiten der Bewegung des Ringes nach rechts, also auf dem Wege von C bis B, wird die Zahl der Windungen, von welchen sich der Ring entfernt, immer größer, und die Zahl der Windungen, denen er sich nähert, immer kleiner, folglich muß der dem Strom im Ringe gleichgerichtete Inductionsstrom in der Spirale immer größer werden, der entgegengesetzt gerichtete kleiner, weshalb als Resultat ein Strom in der Spirale gehen muß, der die Richtung A D B C A hat.

Auf dem Wege des Ringes von A bis B tritt also in der Spirale zunächst ein Strom in der Richtung A C B D A auf, nimmt an Stärke mit dem Fortschreiten des Ringes

nach rechts ab, wird gleich Null, wenn der Ring sich in C, der Mitte der Spirale, befindet und dann entsteht ein Strom, der die Spirale nach der Richtung A D B C A, also entgegengesetzt der Richtung des ersten Stromes, durchkreist und mit dem Fortschreiten des Ringes gegen B zu an Stärke immer zunimmt.

Die Wirkung des Stromes im Ringe auf die Spirale findet aber nicht nur dann statt, wenn die Spirale wie wir bis jetzt angenommen haben, vor Beginn des Versuches stromlos ist, sondern auch dann, wenn durch die Spirale gleichfalls der Strom irgend einer Elektricitätsquelle geht. Der Strom im Ringe wird dann den Strom in der Spirale in dem Stücke C B (Fig. 6) stärken, wenn er dem ersteren entgegengesetzt gerichtet ist, denn alsdann inducirt er in der Spirale einen Strom, der seinem Strome entgegengesetzt, also dem Strome in der Spirale gleich gerichtet ist. Ist aber der Strom im Ringe gleichgerichtet mit dem Strome in der Spirale, so wird der Strom in der Spirale geschwächt, da dann in dieser ein Strom inducirt wird, der der Richtung des ursprünglichen Stromes entgegengesetzt gerichtet ist.

Da jeder Wirkung eine Gegenwirkung entspricht, muß auch der Strom der Spirale auf den Strom des Ringes zurückwirken, und als Resultat dieser Betrachtung folgt daher: Durchlaufen den um die Spirale sich bewegenden Ring und diesen selbst Ströme von gleicher Richtung, so schwächen sie sich gegenseitig, durchlaufen diese Strombögen entgegengesetzt gerichtete Ströme, so verstärken sie einander.

Dieses Resultat wird nicht geändert, wenn auch an Stelle des Ringes eine Spirale tritt und ebensowenig, wenn dann beide Spiralen durch Elektromagnete ersetzt werden. Es wird dann zur Wirkung der Stromwindungen auf

einander nur noch die der Eisenstücke oder Magnete kommen, die man sich sehr leicht erklären kann, wenn man bedenkt, daß ein Magnet bezüglich seiner Wirkung stets durch ein Solenoid, d. h. durch eine Drahtspirale, ersetzt gedacht werden kann.

Die jetzt besprochenen Erscheinungen treten bei der magneto-elektrischen Maschine ein. Eine Drahtspule (Spirale) mit einem Eisenkerne, also ein Elektromagnet, rotirt zwischen den Polen eines Stahlmagnetes (siehe Seite 10); denkt man sich diesen durch einen Elektromagnet ersetzt, so wird dieselbe Wirkung eintreten. Nun wirken die in der Spule inducirten Ströme, wie oben gezeigt wurde, auf die Umwindungen des Elektromagnetes zurück. Sie werden in diesen den Strom und somit auch den Elektromagnet verstärken, wenn sie sich derart bewegen, daß sie Ströme induciren, die den ursprünglich durch den Electromagnet gehenden Strömen gleich gerichtet sind. Der so verstärkte Elektromagnet wirkt nun seinerseits wieder kräftiger inducirend auf die Spule und man begreift leicht, daß auf diese Art Spule und Elektromagnet sich gegenseitig so lange fort und fort verstärken werden, bis der Magnetismus der Eisenkerne jenes Maximum erreicht hat, das dem magnetischen Fassungsvermögen (der magnetischen Capacität) der Eisenkerne entspricht. Man kann jetzt die Stromquelle, welche ursprünglich den Elektromagnet gespeist hat, ausschalten, ohne eine Verminderung in der Stärke des in der Spule inducirten Stromes wahrzunehmen. Bei Unterbrechung der Drehung verschwindet natürlich auch der Strom und mit ihm der Magnetismus.

Der geringe Grad von Magnetismus, der jedoch selbst in dem weichsten Eisen zurückbleibt, genügt aber, um bei wieder eintretender Drehung das progressive Anwachsen des Stromes im Schließungskreise von Neuem einzuleiten. Es

bedarf daher nur eines einmaligen, kurzen Stromes einer Kette durch die Windungen des festen Elektromagnetes, um den Apparat für alle Zeit leistungsfähig zu machen.

Die Erzeugung starker elektrischer Ströme ohne Anwendung von permanenten Magneten, nur mit Hilfe des schwachen im Eisenkerne zurückgebliebenen (remanenten) Magnetismus durch Rotation, also Arbeitsleistung, nennt man das dynamische Princip.

Daß die Anwendung des dynamischen Principes zur Construction von Maschinen einen bedeutenden Fortschritt darstellt, ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, daß hierdurch sowohl die Anwendung von Stahlmagneten, als auch von ständigen Batterien zur Speisung der Elektromagnete überflüssig wurde.

Eine derartige Maschine kann bei richtiger Wahl der Verhältnisse ihrer einzelnen Theile unter einander, bei richtiger Stellung des Commutators und hinreichend schneller Rotation Ströme geben, welche die Drähte der Elektromagnete derart erhitzen, daß ihre Umspinnung verkohlt.

Maschinen mit Stahlmagneten sind nicht geeignet zur Erzeugung kräftiger Ströme, da erstens die Kraft der Stahlmagnete in weit geringerem Grade zunimmt, als die Masse des zu ihrer Herstellung verwendeten Stahles, und zweitens die magnetische Kraft einer großen Anzahl kleiner Stahlmagnete sich nicht auf eine kleine Polfläche concentriren läßt, ohne daß sich die einzelnen Magnete gegenseitig schwächen oder zum Theil sogar gänzlich entmagnetisiren. Es sind zwar kräftige Maschinen mit Stahlmagneten hergestellt worden, die auch ganz gutes Licht erzeugten, aber man mußte dabei Dimensionen wählen, welche den Preis der Maschine zu sehr erhöhten. (Es sind dies die »Alliance«- und Wilde'schen Maschinen.) Außerdem verlieren die Stahl-

magnete bald den größten Theil ihres Magnetismus und die Maschine ihre Leistungsfähigkeit.

Die Anwendung von Stahlmagneten hatte allerdings schon Wilde in Birmingham umgangen, indem er zwei Siemens'sche Cylinder-Inductoren derart zu einer Maschine verband, daß er den einen zur Magnetisirung von Elektromagneten benützte und diese dann auf den zweiten in bekannter Weise wirken ließ. (Siehe Seite 10.) Da hierbei die Stahlmagnete durch viel kräftigere Elektromagnete ersetzt waren, mußte natürlich diese Maschine bedeutend günstigere Resultate geben als die früheren magneto-elektrischen Maschinen. Dafür war aber die Anwendung zweier Inductoren nicht sehr bequem.

Außer Siemens construirten dann noch Wheatstone und Ladd Maschinen unter Benützung des dynamischen Principes.

Der Ring-Inductor.

So bedeutend der Fortschritt auch war, der durch die Entdeckung des dynamischen Principes gemacht wurde, so war dieser allein doch nicht im Stande, die elektromagnetische Maschine zu jener kolossalen Bedeutung für die Praxis zu bringen, die sie heute thatsächlich einnimmt. Dies gelang erst Pacinotti in Florenz und Gramme in Paris. Hat ersterer unbestreitbar die Priorität der Erfindung, so ist ebenso sicher letzterem das Verdienst der Einführung in die Praxis zuzuschreiben.

Bei den unter Anwendung des dynamischen Principes und des Siemens'schen Cylinder-Inductoren construirten Maschinen zeigte sich nämlich ein großer Uebelstand in der starken Erhitzung des Inductors, sobald dieser in rasche

Rotation versetzt wurde. Man sah sich daher genöthigt, zu dessen Kühlung Wasserströme anzuwenden, um das Verbrennen der Drahtumspinnung hintanzuhalten. Die Ursache der starken Erhitzung lag, wie zahlreiche Versuche von Siemens ergaben, hauptsächlich darin, daß das Eisen sich stark erhitzt, wenn es schnell und plötzlich seine Polarität wechselt, wie dies bei den bisher construirten Maschinen thatsächlich der Fall ist.

Die Unbequemlichkeit der erwähnten Kühlung und der durch die Umwandlung der Arbeit in Wärme bedingte beträchtliche Arbeitsverlust bildeten eben ein großes Hinderniß der Anwendung der dynamo-elektrischen Maschine.

Dieses Hinderniß wurde beseitigt durch den von Pacinotti erfundenen und im »Nuovo Cimento« vom Jahre 1863 publicirten Stromgeber. Siemens gibt das Princip dieses Ringinductors mit folgenden Worten: »Derselbe bestand aus einem Eisenringe, welcher seiner ganzen Länge nach mit einer Drahtspirale umwunden war, und der zwischen den ausgehöhlten Polen eines permanenten Magnetes rotirte. Durch magnetische Vertheilung bildeten sich in diesem Eisenringe Magnetpole, welche den entgegengesetzten Polen des festen Magnetes gegenüberstanden und ihre Lage auch dann beibehielten, wenn der Eisenring rotirte. Da hiebei die äußeren Theile der Drahtwindungen des Ringes continuirlich die beiden feststehenden, magnetischen Felder zwischen den Magnetpolen und dem Eisenringe durchliefen, so mußten in dem in sich geschlossenen Umwindungsdrahte entgegengesetzt gerichtete, elektromotorische Kräfte auftreten, die keinen Strom erzeugen konnten, weil sie gleich groß waren. Verband man aber die einzelnen Drahtwindungen oder gleichmäßig auf der Ringoberfläche vertheilte Gruppen dieser Windungen leitend mit Metallstücken, die concentrisch um

die Rotationsachse des Ringes gruppirt waren, und ließ man diese unter zwei feststehenden Schleiffedern fortgehen, welche sich in gleichem Abstande von beiden Magnetpolen gegenüberstanden, so vereinigten sich die beiden entgegengesetzten Ströme der Drahtwindungen, welche nun eine Ableitung fanden, zu einem einzigen, continuirlichen Strome durch den die Schleiffedern verbindenden Stromleiter.«

Siemens hatte zwar schon viel früher eine Combination benützt, um continuirliche Ströme mit Hilfe einer in sich geschlossenen Inductionsspirale zu erzeugen; der Pacinotti'sche Ring hat aber vor dieser den Vorzug weitaus größerer Einfachheit und den, daß der allmählich vor sich gehende Polwechsel im Eisen weniger Wärme entwickelt.

Pacinotti hat, soviel darüber bekannt wurde, seine Construction nur dazu benützt, kleine magnet-elektrische Stromerzeuger und kleine elektro-magnetische Maschinen herzustellen.

Theophile Gramme in Paris kam unabhängig von Pacinotti auf die Idee, innerhalb eines feststehenden, hohlen, mit einem Drahtgewinde umgebenen Eisenringes einen inducirend wirkenden Magnet rotiren zu lassen und dadurch einen Strom von derselben Richtung zu erzeugen. Erst später acceptirte er die Anordnung von Pacinotti und construirte im Jahre 1871 die erste dynamo-elektrische Maschine. Hiermit war die lästige Erhitzung des Eisens der rotirenden Cylindermagnete beseitigt, jene Construction der Maschine gefunden, die sie heute hat, und die sie für die ausgedehnteste Anwendung in der Praxis brauchbar machte.

Gegenwärtig benützt die Hüttenindustrie bereits dynamo-elektrische Maschinen, welche täglich Tonnen Kupfer galvanisch in chemisch reinem Zustande niederschlagen und es dabei

von den Edelmetallen, die es enthält, trennen. Hunderttausende von elektrischen Lichtern werden durch sie gespeist, und treten schon in vielen Fällen in erfolgreiche Concurrenz mit jeder anderen Beleuchtung. »Eine kaum übersehbare Tragweite«, sagt Siemens, »scheint aber in neuerer Zeit die Uebertragung und Vertheilung von Arbeitskraft durch dynamo-elektrische Maschinen und namentlich die Fortbewegung von Personen und Lasten durch den elektrischen Strom zu gewinnen.«

Die Theilung des elektrischen Lichtes.

Durch Erfindung des Pacinotti-Gramme'schen Ringes und des dynamischen Principes war die elektrische Maschine allerdings zu einer Vollendung der Construction gebracht, die es erlaubt, Arbeit in jedem beliebigen Betrage in Elektricität umzusetzen, daher elektrische Ströme von beinahe beliebiger Stärke zu einem Preise zu erzeugen, der die Anwendung der Elektricität für die Praxis vortheilhaft erscheinen läßt; für die elektrische Beleuchtung aber blieb noch eine Schwierigkeit zu überwinden, nämlich die Theilung des elektrischen Lichtes (oder Stromes).

Die dynamische Maschine, sowie auch die älteren elektrischen Maschinen gaben zwar Ströme von jeder gewünschten Stärke und dem entsprechend auch Lichter von beliebiger Intensität, aber in einem Stromkreise konnte nur ein Licht erhalten werden.

Wenn man unter Theilung des elektrischen Stromes die Theilung des Gesammtstromes einer Maschine in mehrere Stromkreise versteht, so wurde dieses Problem durch die Maschinen von Lontin, Gramme, Siemens &c. gelöst.

Gewöhnlich bezeichnet man aber mit Theilung des elektrischen Lichtes die gleichzeitige Herstellung mehrerer kleiner Lichter in einem Stromkreise. Diese Anforderung mußte an die elektrische Beleuchtung gestellt werden, da es sich in den weitaus meisten Fällen nicht darum handelt, möglichst große Lichtintensität an einem Punkte zu haben, sondern einen gegebenen Raum gleichmäßig hell zu beleuchten. Dazu ist es aber nöthig mehrere kleine Lichter in dem zu beleuchtenden Raume entsprechend zu vertheilen, denn ein wenn auch noch so intensives Licht würde allerdings in seiner nächsten Umgebung große Helligkeit verbreiten, diese würde jedoch mit der Entfernung zu rasch abnehmen.

Man dachte daher schon frühzeitig daran, einen starken Strom zur Speisung mehrerer Lampen zu verwenden. Es lag wohl am nächsten, den Versuch zu machen, ob man nicht dadurch statt eines kräftigen mehrere schwächere Lichter erhalten könne, daß man einfach mehrere Lampen hintereinander in den Stromkreis einer ausgiebigen Elektricitätsquelle einschaltet. Quirini machte im Jahre 1855 in Venedig derartige Versuche und behauptete, daß auf diese einfache Art die Theilung möglich sei. Deleul in Paris führte dieselben Versuche aus, gab sie aber bald auf, da es ihm selbst bei nur drei Lampen, die mit äußerster Sorgfalt vollständig gleich gearbeitet waren, nicht gelang, sie länger als fünf Minuten gleichmäßig brennen zu machen. Bald brannte die eine heller und verdüsterte sich die andere, bald umgekehrt. Es ist dies leicht begreiflich. Der Voltabogen bildet für den Durchgang des elektrischen Stromes einen großen Widerstand, der sich durch das Abbrennen der Kohlen steigert, wenn diese nicht äußerst regelmäßig nachgeschoben werden. Ruht die Regulirung auch nur einen Moment, so ändert sich dadurch die Stromstärke augenblicklich, und die

Unregelmäßigkeit der Bewegung im Nachschieben der Kohlenelektroden ist nicht zu vermeiden. Denselben Mißerfolg hatte der Versuch, von den Polenden der Maschine mehrere Stromleitungen abzuzweigen.

Le Roux schlug deshalb im Jahre 1868 einen anderen Weg ein. Wußte schon Davy, daß der Lichtbogen nur dann entsteht, wenn man zuerst beide Kohlen zur Berührung bringt und darnach erst sie wieder von einander entfernt, und daß bei einmal unterbrochenem Strome der Lichtbogen nicht mehr entsteht, wenn die Entfernung der beiden Kohlenspitzen von einander auch noch so gering ist: so fand le Roux, daß wenn die Unterbrechung nicht länger dauert als $^1/_{25}$ einer Secunde, der Bogen sich ohne vorhergegangene Berührung der Kohlen wieder entzündet. Die Anwendung dieser Thatsache auf die Theilung des Stromes ergibt sich nun in folgender Weise: In den Stromkreis wird ein sogenanntes Vertheilungsrad eingeschaltet und dieses in so rasche Rotation versetzt, daß die Unterbrechung des Stromes nie länger als $^1/_{25}$ Secunde beträgt. Obwohl hierbei der Strom bald durch die eine, bald durch die andere Lampe geht, erscheint doch das Licht beider Lampen dem Auge als constantes, da einerseits die Lichteindrücke zu rasch auf einander folgen, als daß sie vom Auge getrennt wahrgenommen werden könnten, andererseits aber bei Unterbrechung des Stromes die Kohlen nicht sofort zu glühen aufhören. Le Roux brachte es aber nur zur Theilung des Lichtes in zwei Lampen.

Auf demselben Principe beruhend erdachte Mersanne im Jahre 1873 ein Theilungsverfahren. Er ersetzte das Vertheilungsrad durch eine horizontale Welle mit so vielen Daumen, als Lampen eingeschaltet werden sollten, führte vom positiven Pole der Maschine zu jeder Lampe

einen Draht und verband den negativen Pol mit einer der Lampenzahl gleichen Anzahl von Quecksilbernäpfchen, in welche Stäbchen tauchten, die durch die Umdrehung der Welle abwechselnd herausgehoben wurden. Diese Vorrichtung fand jedoch keine praktische Anwendung.

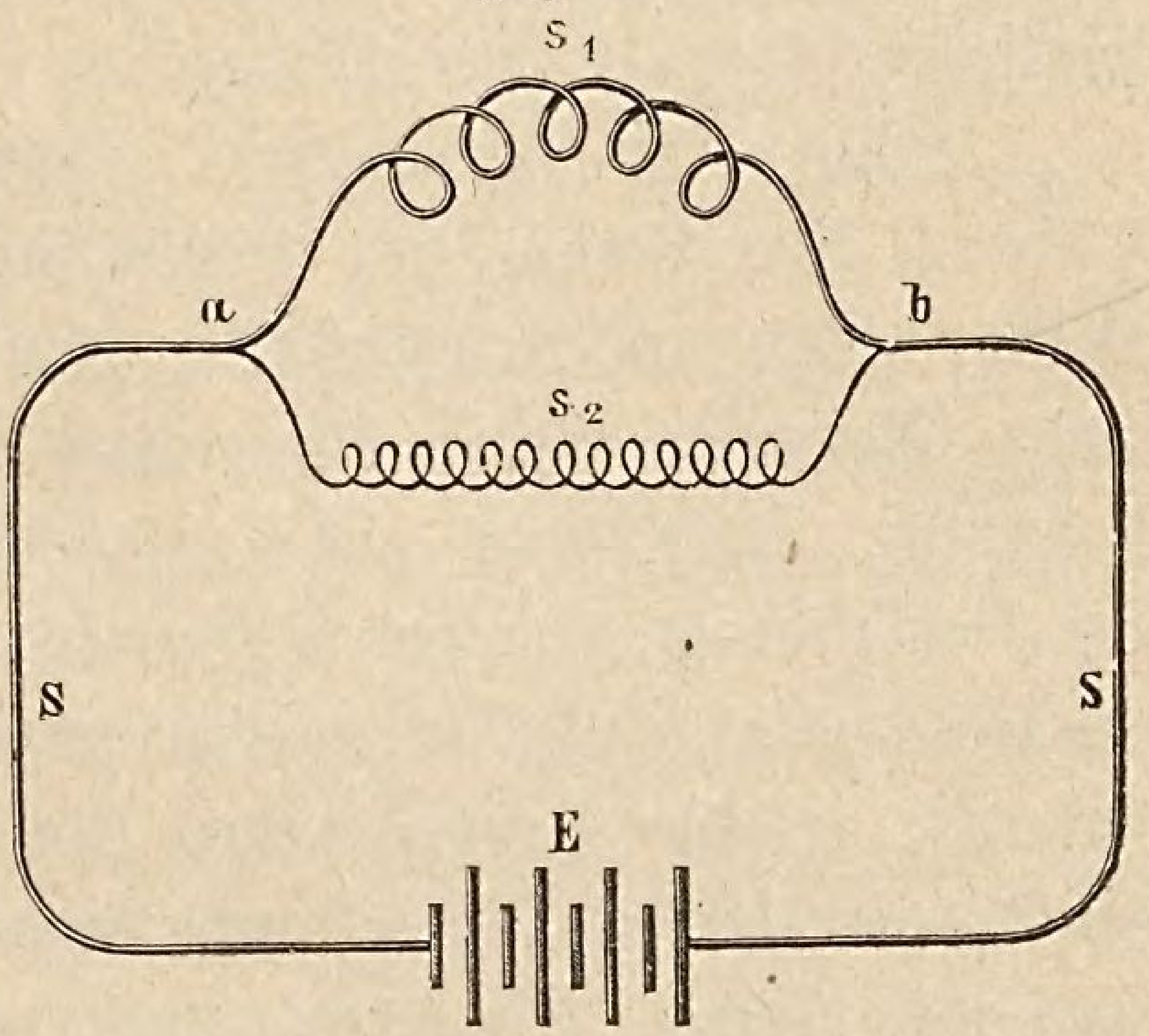
Wenn man von der Theilung des Lichtes bei Glühlichtern absieht, so ist der erste praktische Schritt von Paul Jablochkoff im Jahre 1876 durch Erfindung der Kerze gemacht worden. Diese erlaubte es endlich eine größere Anzahl von Lichtern in einen Stromkreis zu schalten und hatte zur Folge, daß von da ab die elektrische Beleuchtung in kürzester Zeit große Verbreitung erlangte.

Doch mancherlei Uebelstände, welche die Anwendung der Jablochkoff-Kerze mit sich bringt, waren die Veranlassung, daß man nach Lichttheilung unter Anwendung von Regulatoren strebte. Die Lösung dieser Aufgabe fand eine Reihe von Constructeuren in der Benützung von Nebenschließungen, die außer dem Hauptstrome auch noch zur Regulirung der Lampe herangezogen wurden.

Unter Nebenschließung oder Stromverzweigung versteht man jene Anordnung des Schließungsbogens irgend einer Elektricitätsquelle E (Fig. 7), bei welcher von einem Punkte der Hauptleitung a aus dem Strome mehrere Wege s_1 und s_2 dargeboten werden, die sich dann in einem zweiten Punkte der Hauptleitung b wieder treffen; s_1 und s_2 sind hierbei die Stromverzweigungen. Zahlreiche Experimente ergaben, daß die Stromstärken zweier solcher Zweige sich umgekehrt verhalten, wie die Widerstände, die der Strom in den einzelnen Zweigen zu überwinden hat und daß die Stromstärke nach Vereinigung der Zweige bei b wieder dieselbe ist wie vor der Trennung bei a.

Sind die Widerstände, also Längen- und Querschnitte, der beiden Nebendrähte gleich groß, so sind auch die Stromstärken in beiden Zweigen gleich groß; ist der Widerstand des einen Zweiges im Verhältnisse zu dem des anderen sehr groß, dadurch z. B., daß der eine Zweig s_2 aus vielen Windungen eines sehr dünnen, der andere Zweig s_1 aus wenigen Windungen eines dicken Drahtes besteht, so theilt sich der Strom in zwei sehr ungleich starke Ströme, indem durch die Spirale mit dickem Drahte fast der ganze Strom abfließt, die Spirale mit dünnem Drahte aber nahezu stromlos bleibt.

Fig. 7.



Schaltet man nun in den Zweig s_2 eine elektrische Lampe mit Voltabogen ein, so wird durch den Widerstand des Voltabogens der Widerstand des Zweiges s_2 bedeutend erhöht und zwar desto mehr, je weiter die beiden Kohlenspitzen der Lampen von einander entfernt sind. Es wird daher nur von der jeweiligen Länge des Lichtbogens abhängen, in welchem der beiden Zweige die Stromstärke größer ist. Da aber die Summe der Stromstärken in den Zweigen immer gleich sein muß der Stromstärke in der Hauptleitung (von einem etwaigen Verluste an Elektricität durch Erwärmung des dünnen Drahtes abgesehen), so wird von der Vereinigung der beiden Zweige bei b an der Strom wieder in derselben

Stärke weiter gehen, mit welcher er bei a angekommen ist. Befindet sich also in der Hauptleitung hinter b noch eine zweite Lampe ebenso eingeschaltet wie die erste, so wird sie von den Stromschwankungen in der ersten Lampe ganz unbeeinflußt bleiben, da diese Schwankungen sich in den Zweigen s_1 und s_2 ausgleichen.

Ein diesem ähnliches Verhalten ergibt sich, wenn an Stelle der Lampen mit Voltabogen Glühlampen eingeschaltet werden. Hier ist dann der Widerstand des Voltabogens durch den der Kohlenstäbchen oder Bogen, der Platinspirale u. s. w. ersetzt.

Schon im Jahre 1855 hatten Lacassagne und Thiers eine Lampe mit Benützung dieses Principes construirt. Der eine Kohlenhalter bewegte sich als Kolben in einem Cylinder, in welchen aus einem höher gelegenen Reservoir Quecksilber unter einem gewissen Drucke floß. Die Verbindung zwischen Reservoir und Cylinder vermittelte ein Schlauch; auf diesen wirkten zwei Magnete, von welchen der eine in die Hauptleitung, der zweite in eine Zweigleitung von hohem Widerstande eingeschaltet war. Die Wirkung des ersten Magnetes war das Schließen, die des zweiten Magnetes das Oeffnen des Schlauches. So lange sich nun die Kohlenspitzen berühren, ist der Strom in der Hauptleitung und somit der erste Magnet kräftig: der Quecksilberzufluß ist abgesperrt; man trennt alsdann mit der Hand die Kohlen, um den Lichtbogen entstehen zu lassen. Damit wurde aber in die Hauptleitung ein bedeutender Widerstand eingeschaltet, der mit dem Abbrennen der Kohlen wachsen muß: der Strom nimmt ab in der Hauptleitung und zu in der Nebenleitung, wodurch der erste Magnet schwächer und der zweite stärker wird. In Folge dessen öffnet sich der Schlauch, es kann Quecksilber in den Cylinder

nachfließen und den Kohlenträger nachschieben, jedoch nur ein gewisses Stück, da durch das Nachschieben der Widerstand in der Hauptleitung wieder vermindert, daher der Strom und mit ihm der erste Magnet sofort wieder an Stärke gewinnt und den Quecksilberzufluß hemmt.

Lacassagne und Thiers wandten ihre Lampe nur zur Regulirung eines Lichtes an und scheinen an eine Benützung derselben zur Theilung des elektrischen Lichtes nicht gedacht zu haben. Auch würde das Manipuliren mit der Hand, das beim ersten Herstellen des Lichtbogens nothwendig ist, sowie auch Mängel in der Construction die Anwendung dieser Lampe in der Praxis nicht empfohlen haben.

Auf der Wiener Weltausstellung im Jahre 1873 zeigte Dr. W. Siemens eine Lampe mit Nebenschluß, nachdem er vorher schon Patente auf einige derartige Constructionen genommen hatte.

Durch die Erfindung der Jablochkoff-Kerze wurde die Aufmerksamkeit neuerdings in erhöhtem Maße auf die elektrische Beleuchtung gelenkt und so kam es, daß fast zur selben Zeit Lontin, Mersanne und Fontaine im J. 1878 auf dem besprochenen Principe beruhende Lampen construirten.

Mit der Erfindung der Differential-Lampe durch v. Hefner-Alteneck, dem Chef-Ingenieur der Firma Siemens & Halske, hat die elektrische Beleuchtung ihren gegenwärtigen Standpunkt erreicht.

Das Problem der Theilung des elektrischen Lichtes bei Anwendung von Glühlampen wurde zuerst von de Changy in Belgien gelöst. Seine Studien und Versuche über Glühlampen und Stromtheilung, die er seit 1852 betrieb, führten ihn zu dem Resultate, daß die Strom-

theilung dann möglich sei, wenn es dem Strome gestattet ist, einen der leuchtenden Brenner zu überspringen, sobald er ein im Vorhinein festgesetztes Maximum der Intensität erreicht hat. Bei jeder Abzweigung für ein Licht eingeschaltete Elektro-Magnete fixirten dieses Maximum durch entsprechende Dicke und Zahl ihrer Umwindungen, indem sie bei zu stark anwachsendem Widerstande in der Lampe (z. B. durch Abschmelzen des leuchtenden Platindrahtes) einen Anker anzogen und dadurch die Lampe aus dem Stromkreise ausschalteten.

Mit Werdermann und Reynier hat auch für die Glühlampen die Entwicklung der elektrischen Beleuchtung ihren gegenwärtigen Standpunkt erreicht.

II.

Anlage einer elektrischen Beleuchtung.

Wann ist dieselbe vortheilhaft?

Ist die elektrische Beleuchtung vortheilhafter als die Gasbeleuchtung? Diese jetzt so häufig gestellte Frage läßt sich, so allgemein gefaßt, nicht beantworten. Alle jene Anpreisungen gewisser Gesellschaften, welche behaupten, die elektrische Beleuchtung nach ihrem Systeme käme in geschlossenen Localen um so und so viele Percente billiger als Gasbeleuchtung, bei Straßenbeleuchtung um so viele Percente, sind nichts als geschäftliche Reclame. Bei Anlage einer Beleuchtung kommen eine ganze Reihe hochwichtiger Umstände in Betracht, deren Außerachtlassung zu argen

Täuschungen führen muß. Die Betrachtung der Hauptvortheile des elektrischen Lichtes gegenüber anderen Beleuchtungsarten mag die Erläuterung des eben Gesagten vermitteln.

Die Leuchtkraft oder Lichtintensität des elektrischen Lichtes wird von keiner anderen Beleuchtungsart erreicht. So hat z. B. Gramme Maschinen gebaut, die ein Licht erzeugen, welches an Intensität 200.000 Carcelbrennern gleichkommt. Wo es sich also darum handelt, eine möglichst kräftige Lichtquelle anzuwenden, wird die elektrische Beleuchtung nicht nur die vortheilhafteste, sondern auch die einzig anwendbare sein. Solche Fälle treten ein bei Leuchtthürmen, bei Schiffen, für Signal- und Beleuchtungszwecke im Kriege u. s. w. Die erste Anwendung auf Leuchtthürmen wurde im Hafen von Havre im Jahre 1863 gemacht, und zwar auf dem Leuchtthurme la Héve. Den elektrischen Strom lieferte eine »Alliance«-Maschine und erzeugte damit ein Licht, welches im Mittel 8 Kilometer weiter sichtbar war als die früher angewandte Oelbeleuchtung. Dann folgten in der Installirung elektrischer Lampen die Leuchtthürme von Grinez (Frankreich), Cap Lizard (England), Odessa und Port Said, Palmira u. s. w. Das elektrische Licht ist hierbei nicht blos darum jeder anderen Lichtquelle weitaus überlegen, weil es diese an Intensität bedeutend übertrifft, sondern auch deshalb, weil es die ganze Leuchtkraft in einem außerordentlich kleinen Raume concentrirt. Dies ist aber eine Hauptbedingung für den günstigen Erfolg in allen jenen Fällen, wo, gleichwie bei Leuchtthürmen, Reflectoren*) angewendet werden müssen.

*) Für die österreichischen Seeleuchten hat Dir. K. Swoboda derartige Reflectoren berechnet und W. Kraft construirt. Siehe: »Berechnung und Construction der Prismen-Reflectoren von K. Swoboda, Jahresbericht der Wiedener Communal-Oberrealschule 1880.«

Auf Schiffen erhöht die elektrische Beleuchtung die Sicherheit der Passagiere wesentlich, indem durch das weithin sichtbare Licht Zusammenstöße vermieden und die Einfahrt in Häfen bedeutend erleichtert wird. Ferner ist durch sie die Möglichkeit gegeben, das Aus- und Einladen, sowie jedes Manöver auch bei Nacht ausführen zu können. Das Dampfschiff »l'Amerique« der Compagnie générale transatlantique ist seit März 1876 durch eine Gramme'sche Maschine und Serrin'sche Lampen elektrisch beleuchtet; der Bericht über diese Installation lautet sehr günstig. Die elektrische Beleuchtung wurde auch eingeführt auf der »Livadia« und »Peter dem Großen« der russischen, dem »Richelieu« und »Suffren« der französischen, sowie auf der »Numancia« und »Victoria« der spanischen Kriegsmarine.

Sie dürfte gleichzeitig das beste Mittel sein, zur Abwehr von Angriffen durch Torpedoboote, da man mit Hilfe des elektrischen Lichtes den Umkreis eines Schiffes auf 2—3 Seemeilen Distanz beleuchten und so die Manöver des Feindes rechtzeitig beobachten kann.

Von nicht geringerem Nutzen wird das elektrische Licht bei Belagerungen, namentlich für die Belagerten sein, die sich durch eine so kräftige Beleuchtung von den nächtlichen Arbeiten der Belagerer unterrichten können, ferner bei wichtigen und dringenden Arbeiten, als Brücken-, Eisenbahn- und Hafenbauten ꝛc.

Ein weiterer Vorzug der elektrischen Beleuchtung gegenüber anderen ist die Farbe des Lichtes. Bekanntlich besteht das Sonnenlicht, welches wir als weißes Licht bezeichnen, aus Lichtstrahlen aller Farben und bewirkt eben nur die Gesammtheit aller dieser Strahlen den Eindruck des Weiß. Das Auge kann die farbigen Bestandtheile eines

Lichtes nicht getrennt sehen, wohl aber kann man irgend einen Lichtstrahl in seine Bestandtheile auflösen, wenn man ihn durch ein Glasprisma gehen läßt. Dieses zeigt dann durch Ausbreitung der Farben nebeneinander deutlich, welche Lichtstrahlen eine Lichtquelle aussendet und welche nicht. Auf solche Art erfuhr man, daß Kerzen-, Oel-, Petroleum- und Gasflammen rothe, gelbe, grüne, wenig blaue und fast gar keine violetten Strahlen aussenden. Durch das Ueberwiegen der rothen und gelben Strahlen erscheinen daher auch die Flammen röthlich gefärbt. Das elektrische Licht hingegen sendet Strahlen aller Farben aus, erscheint deshalb weiß wie das Sonnenlicht; eine schwache violette Färbung tritt nur dann ein, wenn der Voltabogen groß ist oder zur Erzeugung desselben hochgespannte Ströme angewendet werden. Rein weißes Licht ist wichtig überall dort, wo man Werth darauf legt, daß die beleuchteten Objecte in ihren natürlichen Farben erscheinen, der Reichthum an violetten Strahlen, wenn man photographische oder ähnliche Zwecke im Auge hat.

Unter natürlicher Farbe eines Gegenstandes versteht man jene Farbe, welche er im Tageslichte zeigt; diese kommt dadurch zu Stande, daß der Körper von den empfangenen Strahlen nur einen Theil zurückwirft, den anderen aber absorbirt. Er wird z. B. blau erscheinen, wenn er die rothen, gelben, grünen beinahe vollständig und zum größten Theile auch die violetten Strahlen absorbirt, die blauen aber ungeschwächt zurückwirft. Fehlen jedoch im auffallenden Lichte die letzteren ganz oder zum Theile, so werden die anderen Farben mehr zur Geltung kommen und den Körper von mehr oder weniger grüner Farbe erscheinen lassen. Es ist eine bekannte Thatsache, daß Blau und Grün bei Gasbeleuchtung häufig gar nicht oder nur sehr schwer zu unter-

scheiden sind, eben weil von der Gasflamme wenig blaue und violette Strahlen ausgesandt werden.

Die Anwendung für die Praxis ist naheliegend: Spinnereien können gewisse Arbeiten in Folge der Farbendifferenzen nur bei Tage machen, solange sie nicht die Gasbeleuchtung durch elektrisches Licht ersetzen; dasselbe gilt von Färbereien. Gemäldegalerien erlauben bei Gas- oder ähnlicher Beleuchtung keine richtige Beurtheilung ihrer Bilder, da diese je nach dem Ueberwiegen des einen oder anderen Farbentones sehr verschieden beeinflußt werden. Doch hat man auch bei elektrischer Beleuchtung darauf zu achten, daß man eine violette Nuance des Lichtes vermeidet; es werden daher Beleuchtungssysteme, die mit hoch gespannten Strömen arbeiten, hier nicht vortheilhaft zu verwenden sein.

In photographischen Ateliers hingegen ist es gerade der Reichthum an violetten Strahlen, der die Anwendung des elektrischen Lichtes bedingt, da eben diese Strahlen die chemisch wirksamsten sind. So haben z. B. die photographischen Ateliers von Woodburg und Saxon & Co. die elektrische Beleuchtung eingeführt, wodurch sie in den Stand gesetzt wurden, absolut unabhängig von der Witterung, die Herstellung der schärfsten photographischen Abdrücke innerhalb 24 Stunden nach erfolgter Aufnahme garantiren zu können. Das Druckverfahren erfährt dadurch eine außerordentliche Beschleunigung.

Weitere Vortheile des elektrischen Lichtes sind die Vermeidung der Feuersgefahr, die Hintanhaltung der Bildung von unathembaren Gasen und die geringe Erwärmung der Luft. Diese Umstände kommen überall dort in Betracht, wo große Ansammlungen von Menschen stattfinden, wie in Theatern, Concertsälen u. s. w.; ferner in Bergwerken und bei Tunnelbauten, dann auch in Ma-

gazinen, wo die Farbe der Waaren durch die von anderen Lichtern entwickelten Gase Schaden nehmen können.

In allen bis jetzt besprochenen Fällen kommt die Kostenfrage erst in zweiter Linie in Betracht. Aber auch diese läßt sich, selbst unter der Voraussetzung, daß immer dasselbe elektrische Beleuchtungssystem angewendet wird, nicht allgemein giltig beantworten. So hängt z. B. die Rentabilität der elektrischen Beleuchtung vom Gaspreise ab; sie wird also auch unter im Uebrigen weniger günstigen Verhältnissen in Städten und Fabriken vortheilhaft erscheinen, die in kohlenarmen Gegenden liegen. Von wesentlichem Belange ist die Art des zu beleuchtenden Objectes selbst: große, hohe Räume werden sich besser eignen, als viele kleine oder niedrige. An Orten, wo überschüssige Maschinen- oder gar Wasserkraft vorhanden ist, stellt sich dadurch der Erzeugungspreis des elektrischen Stromes bedeutend niedriger, als wenn eigene Motoren aufgestellt werden müssen. In wieder anderen Fällen rentirt sich die elektrische Beleuchtung dadurch, daß die dynamische Maschine nicht nur zur Beleuchtung verwendet wird und so tagsüber als todtes Capital figurirt, sondern auch durch elektrische Kraftübertragung bei Tage mechanische Arbeiten verrichtet. Ferner wird die elektrische Beleuchtung umso billiger, je größer die Zahl der Brennstunden und der Lampen ist; die Ersetzung von weniger als zwanzig Gasflammen durch elektrisches Licht dürfte sich wohl selten lohnend erweisen.

Welches Beleuchtungssystem hat man zu wählen?

Hat man sich nach sorgfältiger Prüfung aller dieser Umstände für die Einführung der elektrischen Beleuchtung entschieden, so kann man zur Wahl des Systems schreiten.

Auch hier läßt sich wieder nicht allgemein angeben: dieses System ist das beste, jenes das schlechteste. Gegenwärtig existirt eine Reihe von Lampen und Maschinen, die alle gut sind und sich auch schon praktisch bewährt haben. Die Anforderungen, die in jedem einzelnen Falle an die Beleuchtung gestellt werden, müssen abermals entscheiden. Ein Beispiel möge uns dies wieder verdeutlichen. Angenommen, es wäre ein Saal von mäßiger Größe, architektonisch reich ausgestattet, mit stylgerechten Candelabern, Lustern und Wandleuchtern versehen, elektrisch zu beleuchten. Wird man da die sonst ausgezeichnete Differentiallampe von Siemens anwenden? Keineswegs; denn eine oder zwei dieser Lampen würden vollkommen ausreichen, den Saal taghell zu beleuchten, was aber in diesem Falle ein Uebelstand wäre, da eine oder zwei Lampen wohl schwer so angebracht werden könnten, daß durch sie der harmonische Eindruck des Saales nicht gestört würde. Auch würde die Beseitigung der Luster, Candelaber oder Wandarme umständlich und kostspielig sein oder unangenehm auffallende Lücken in der architektonischen Anordnung hinterlassen. Hingegen wird man durch Anwendung von Glühlampen, wie sie Edison, Swan, Maxim u. A. construiren, die elektrische Beleuchtung an Stelle der Gasbeleuchtung sehr leicht anbringen können, indem man, ohne irgend welche Aenderung der Luster oder Candelaber, einfach an die Stelle der einzelnen Brenner Glühlampen setzt. Hiermit ist noch der Vortheil verbunden, daß man die Regulirung der Lichtstärken vollkommen und bequem zur Hand hat. Bei Beleuchtung ähnlicher Räume, aber von großen Dimensionen, wie z. B. bei Theatern, kann die Beleuchtung durch Glühlampen von Regulatoren mit Voltabögen unterstützt werden, deren Licht man nicht direct, sondern durch Reflexion zur Beleuchtung verwendet.

In Fabriken und überhaupt Arbeitsräumen dürften in der Mehrzahl der Fälle nur Regulatorlampen vortheilhaft verwendbar sein.

Welche Anforderungen hat man an die einzelnen Theile der Anlage zu stellen?

Die wesentlichen Theile einer elektrischen Beleuchtungsanlage sind: die Motoren, Lichtmaschinen, Lampen, Kohlen und in einzelnen Fällen die Leitungen.

Welche Art Motor zum Betriebe der Lichtmaschine verwendet werden soll, richtet sich nach den Umständen des speciellen Falles. Ist überschüssige Dampfkraft vorhanden, wird man diese vortheilhaft benützen können, oder erlauben es die Gaspreise, so kann man eine Gasmaschine verwenden, oder endlich in einem dritten Falle leiht vielleicht vorhandenes Wassergefälle, in irgend einer Art ausgebeutet, die bewegende Kraft. In jedem Falle muß aber der Motor einen guten Regulator haben, der einen regelmäßigen Gang des ersteren und somit auch der dynamischen Maschine bewirkt. Alle Lager sollen große Oberflächen besitzen und die Schmiergefäße derart angeordnet sein, daß das Nachfüllen des Oeles bequem ausführbar ist, denn die Maschine muß ununterbrochen laufen, da im anderen Falle auch das Licht erlöschen würde. Stellt man für den Betrieb der dynamischen Maschine einen eigenen Motor auf, so wird es sich empfehlen, diesen neben dem Hauptmotor der Fabrik zu placiren, um an Bedienungsmannschaft zu ersparen.

Die Lichtmaschinen werden trotz der großen Zahl von Constructionen eigentlich doch nur nach zwei Typen gebaut, dessen einer durch Gramme, dessen anderer durch v. Hefner-Alteneck (Siemens & Halske) reprä-

sentirt erscheint.*) Die Verschiedenheiten in den Constructionen zweier gleichwerthiger Maschinen verschiedener Constructeure sind nur von secundärer Bedeutung und nicht immer Verbesserungen, sondern häufig nur ein Mittel, um die bereits bestehenden Patente zu umgehen. Bei der Wahl einer dynamischen Maschine hat man daher weniger auf das sogenannte System zu achten, als auf Folgendes: den inneren Widerstand der Maschine, die Solidität und Dauerhaftigkeit der Construction in mechanischer Beziehung, die Abnützung und Reparaturbedürftigkeit derselben. Die Wichtigkeit der letzterwähnten Umstände ist an sich selbst klar, vom inneren Widerstande einer Maschine hängt aber ihre Fähigkeit ab, einen gleichmäßigen Strom durch einen gegebenen äußeren Widerstand (Leitungsdrähte und Lampen) hindurch zu schicken. Hat man in den Stromkreis einer Maschine mehrere Lampen einzuschalten, so muß man bei der Anwendung der meisten Lampen-Constructionen stärker gespannte Ströme benützen, hat deshalb Maschinen mit größerem inneren Widerstande zu wählen als für Einzellichter oder gewisse Lampen, die, wie später besprochen werden soll, keiner hohen Spannung der Ströme bedürfen. Vorzügliche Maschinen, über deren Leistungsfähigkeit auch schon hinreichende praktische Erfahrungen vorliegen, sind die von Gramme, Siemens & Halske, Schuckert, Bürgin u. s. w.

Die Zahl der patentirten Lampen geht in die Hunderte; als praktisch verwendbar haben sich aber nur eine

*) Die magneto-elektrischen Maschinen »System Alliance«, »Niaudet« und ähnliche mit Stahlmagneten sind hierbei nicht berücksichtigt, da dieselben heutzutage bei Einrichtung einer elektrischen Beleuchtung, der unökonomischen Anwendung von Stahlmagneten wegen, nicht mehr in Betracht kommen können.

beschränkte Anzahl erwiesen. Dies mag wohl daher kommen, daß sehr viele Unberufene sich mit der Erfindung von Lampen befassen, ohne es der Mühe werth zu finden, vor Beginn ihrer Arbeit sich über das bereits vorhandene, überreiche Material zu unterrichten. Nur zu häufig werden Lampen erfunden, die vor so und so vielen Jahren bereits construirt wurden, es aber wegen ihrer Unbrauchbarkeit zu keiner praktischen Verwendung brachten. Aber auch bei den tadellos functionirenden Lampen wird kein Fachmann im Stande sein, zu sagen: diese ist die beste. Die eine hat diese Vortheile und jene Mängel, die andere umgekehrt. Abgesehen von der principiellen Entscheidung zwischen Glühlampen und Regulatoren, wird man, selbst wenn die Wahl auf letztere beschränkt werden soll, nicht immer dieselbe Lampe empfehlen können. Fabrikslocale, Hüttenwerke und ähnliche Räume, deren Luft mit Staub und Rauch geschwängert ist, erfordern massige, schwere Constructionen. In diesem Falle sind letztere selbst dann noch den feineren und exacter functionirenden vorzuziehen, wenn sie die Regulirung des Voltabogens nicht vollkommen unmerklich bewirken. Ein Zucken des Lichtbogens hin und wieder ist hier von keiner Bedeutung. Die massige Construction hat hingegen die Vorzüge, daß ein Verstauben oder theilweises Oxydiren ihrer Bestandtheile keinen wesentlichen Einfluß ausübt, daß sie nicht leicht reparatursbedürftig wird und auch eine weniger sachverständige oder unzarte Behandlung durch einen Arbeiter ohne Schaden verträgt. In gleicher Weise empfehlen sich die eben besprochenen Constructionen auf offenen Arbeitsplätzen und überhaupt überall dort, wo gröbere Arbeiten zu verrichten sind. In Präcisionswerkstätten, Druckereien, öffentlichen Gebäuden 2c. ist dagegen jede Lampe im Vorhinein auszuschließen, die keinen absolut ruhigen

Lichtbogen liefert; bei gleich guter Function ist aber auch hier die schwerere Construction vorzuziehen. Die Lampe soll einen kräftigen Motor zur Bewegung der Kohlenstäbe haben; ein genaues Ausbalanciren kann zwar Lampen liefern, die ein sehr ruhiges angenehmes Licht geben, aber der unbedeutendste Anlaß, z. B. ein kleines Versehen in der Bedienung, kann Störungen bewirken, die nicht sofort zu beseitigen sind, da sie der Hand eines die Construction der Lampe vollkommen verstehenden Individuums bedürfen. In einzelnen Fällen werden auch locale Verhältnisse specieller Natur mehr zu Gunsten der einen als der anderen Lampe entscheiden.

Von guten Kohlen fordert man folgende Eigenschaften: große Härte, geringen Aschengehalt, sie dürfen das Licht nicht färben, nicht zischen und knattern, keinen unregelmäßig geformten Krater an der positiven Elektrode geben, keine abnorm langen Bögen bilden, und müssen gerade und von regelmäßigem Querschnitte sein. Zu den besten Producten dieser Art dürften wohl die Kohlen Carré's zählen. Sie werden aus gepulvertem Coaks, calcinirtem Ofenruß und einem Syrup, der aus Rohrzucker und Gummi besteht, derart hergestellt, daß man das innige Gemenge dieser Substanzen stark preßt, dann in Stäbe schneidet und diese wiederholt längere Zeit zur heftigen Rothgluth erhitzt.

Ueber die Aufstellung und Anordnung der Lampen läßt sich im Allgemeinen nicht viel sagen, da sie beinahe für jedes Beleuchtungsobject eine andere sein muß. Wegen der Concentrirung großer Lichtintensität an einem Punkte ist es angezeigt, die Lampen bedeutend höher zu hängen als gewöhnlich die Gasflammen angebracht werden. Bei niederen Localen, wo dies nicht ausführbar ist, dürfte es in der Regel besser sein, den weißen Plafond kräftig

zu beleuchten und durch Reflexion von diesem dem Locale das Licht zuzuführen. Auf diese Art wird auch die Beleuchtung eine äußerst gleichförmige und die Schattenbildung ganz vermieden. Sie paßt auch, wie schon erwähnt, am besten für architektonisch ausgestattete Säle.

Die Zahl der Lampen hängt natürlich von deren Lichtstärke, von der zu beleuchtenden Fläche und von dem Zwecke, welchem die Beleuchtung dienen soll, ab. Man kann mit einem einzigen Licht 250 Quadratmeter einer Spinnerei, Buchdruckerei, Weberei 2c., 500 Quadratmeter einer Maschinenfabrik und ähnlicher Etablissements und 2000 Quadratmeter eines Werkplatzes, Hofes und dergleichen gut beleuchten.

Aus Vorstehendem dürfte zwar schon erhellen, daß vor Installirung einer elektrischen Beleuchtung ein genaues Studium der gegebenen, localen Verhältnisse unbedingt nöthig ist; aber da hiervon der Erfolg einer derartigen Beleuchtungsanlage wesentlich abhängt, so wird hiermit nochmals betont, daß man Schritt für Schritt die vorhandenen Umstände genau im Auge behalten muß. Dann wird aber auch der günstige Erfolg nicht ausbleiben, wie dies die bedeutende Anzahl der schon im Betriebe befindlichen elektrischen Beleuchtungsanlagen beweist.

III.

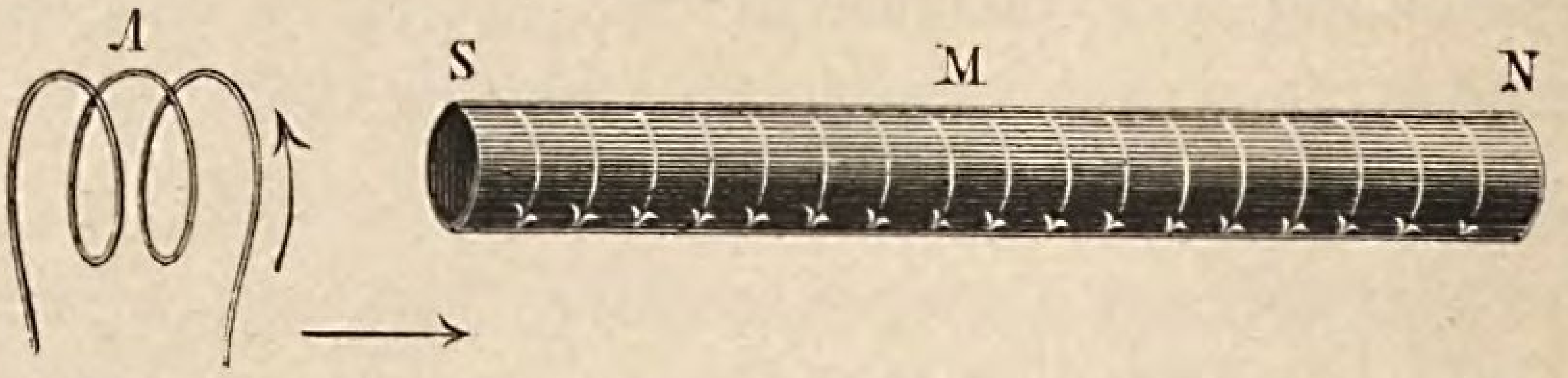
Lichtmaschinen.

Gramme'sche Maschine für gleichgerichtete Ströme.

Zum leichteren Verständnisse der Gramme'schen Maschinen dürfte es hier am Platze sein, zunächst einige allgemeine Erscheinungen der magneto-elektrischen Induction in das Gedächtniß zurückzurufen.

Jeder Magnet N S, Fig. 8, kann als Solenoid, das heißt als eine von elektrischen Strömen durchflossene Drahtspirale aufgefaßt werden und ist in seiner Wirkung nach außen von dieser nicht verschieden. Die Richtung dieser Ströme ist die des Ganges eines Uhrzeigers, wenn man den Südpol des Magnetes gegen sich gewendet hat; in Figur 8 zeigen die Pfeile diese Richtung an. Nähert man einem Magnete eine Drahtspirale A, so werden in dieser Ströme erregt, deren Richtung derjenigen der Solenoidströme entgegengesetzt ist; entfernt man die Spirale, so entstehen Ströme von derselben Richtung wie die, welche die Solenoidströme haben.

Fig. 8.



Schiebt man nun die Spirale A über den Magnet und bewegt sie in der Richtung von S über M nach N, so treten folgende Erscheinungen ein:

Auf dem Wege von S nach M nähert sich die Spirale allen Solenoidströmen, welche vor ihr, also in der Zeichnung auf der rechten Seite des Stabes liegen und entfernt sich von allen Solenoidströmen, die hinter ihr, also auf der linken Seite liegen. Die ersteren werden in der Spirale Ströme erzeugen, die der Richtung der Solenoidströme entgegengesetzt gerichtet sind, die letzteren Ströme von gleicher Richtung mit der der Solenoidströme. Da nun aber die Spirale auf dem ganzen Wege von S bis M sich einer größeren Anzahl von Solenoidströmen nähert als entfernt, so wird die Wirkung der ersteren größer sein als die der letzteren; es werden also in der Spirale Ströme circuliren, welche der Richtung der Solenoidströme entgegengesetzt gerichtet sind.

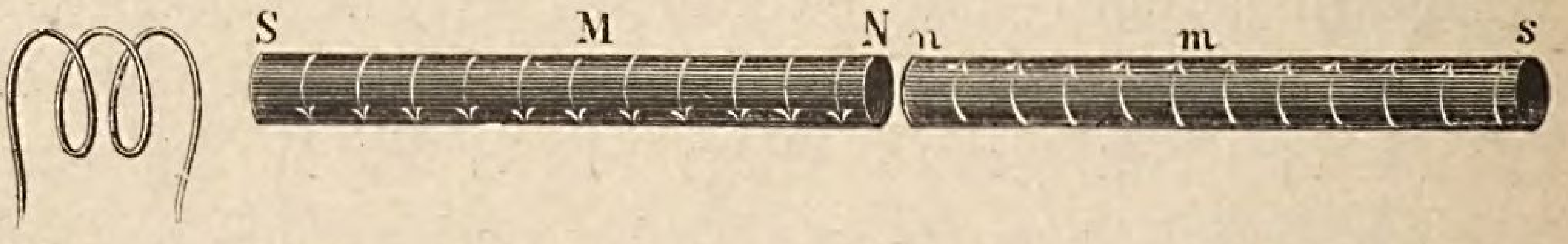
In M angelangt, nähert und entfernt sich die Spirale gleich vielen Solenoidströmen, die in Folge dessen gleich starken aber entgegengesetzt gerichteten Wirkungen heben sich auf und die Spirale wird stromlos.

Bei Fortsetzung des Weges von M nach N nähert sich die Spirale einer immer kleiner werdenden Anzahl von Solenoidströmen und entfernt sich von einer immer größer anwachsenden Zahl von Solenoidströmen: das Resultat der Wirkungen auf die Spirale ist daher die Induction von Strömen, die der Richtung der Solenoidströme gleichgerichtet sind und welche immer zahlreicher werden.

Auf dem Wege der Spirale von S bis N entsteht also in dieser zuerst ein Strom von bestimmter Richtung, der an Intensität stetig abnimmt, gleich Null wird, wenn die Spirale in M angelangt ist, nun seine Richtung umkehrt und an Intensität stetig zunimmt, bis die Spirale nach N kommt.

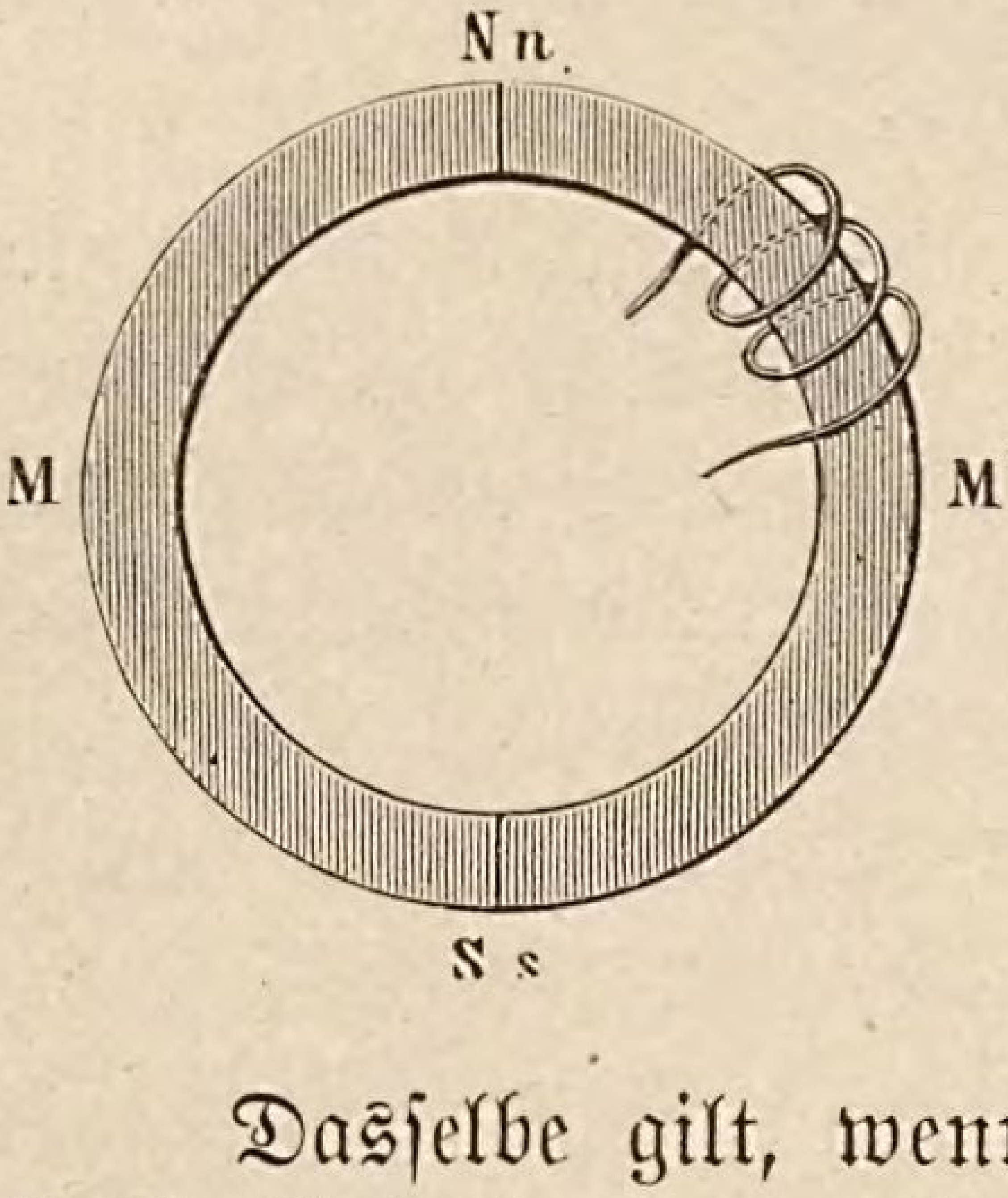
Setzt man zwei Magnete so nebeneinander, daß sie ihre gleichnamigen Pole N und n (Fig. 9) einander zukehren, bewegt die Spirale von S bis s und stellt dieselbe Betrachtung an wie früher, so ergibt sich folgendes Resultat: Es entsteht in der Spirale ein Strom von bestimmter

Fig. 9.



Richtung, der an Intensität stetig abnimmt, bei M gleich Null wird, dann seine Richtung umkehrt, an Intensität zunimmt, bei N n das Maximum der Intensität erreicht, dann wieder abnimmt, um bei m abermals gleich Null zu werden, nun neuerdings die Richtung wechselt und an Stärke wieder zunimmt. Auf diesem Wege hat also der Strom in der Spirale zu Anfang und zu Ende die eine Richtung, in der Mitte (zwischen M und m) die entgegengesetzte Richtung und ist gleich Null beim ersten und dritten Viertel seiner Bahn; er wechselt also an den neutralen Punkten M und m seine Richtung.

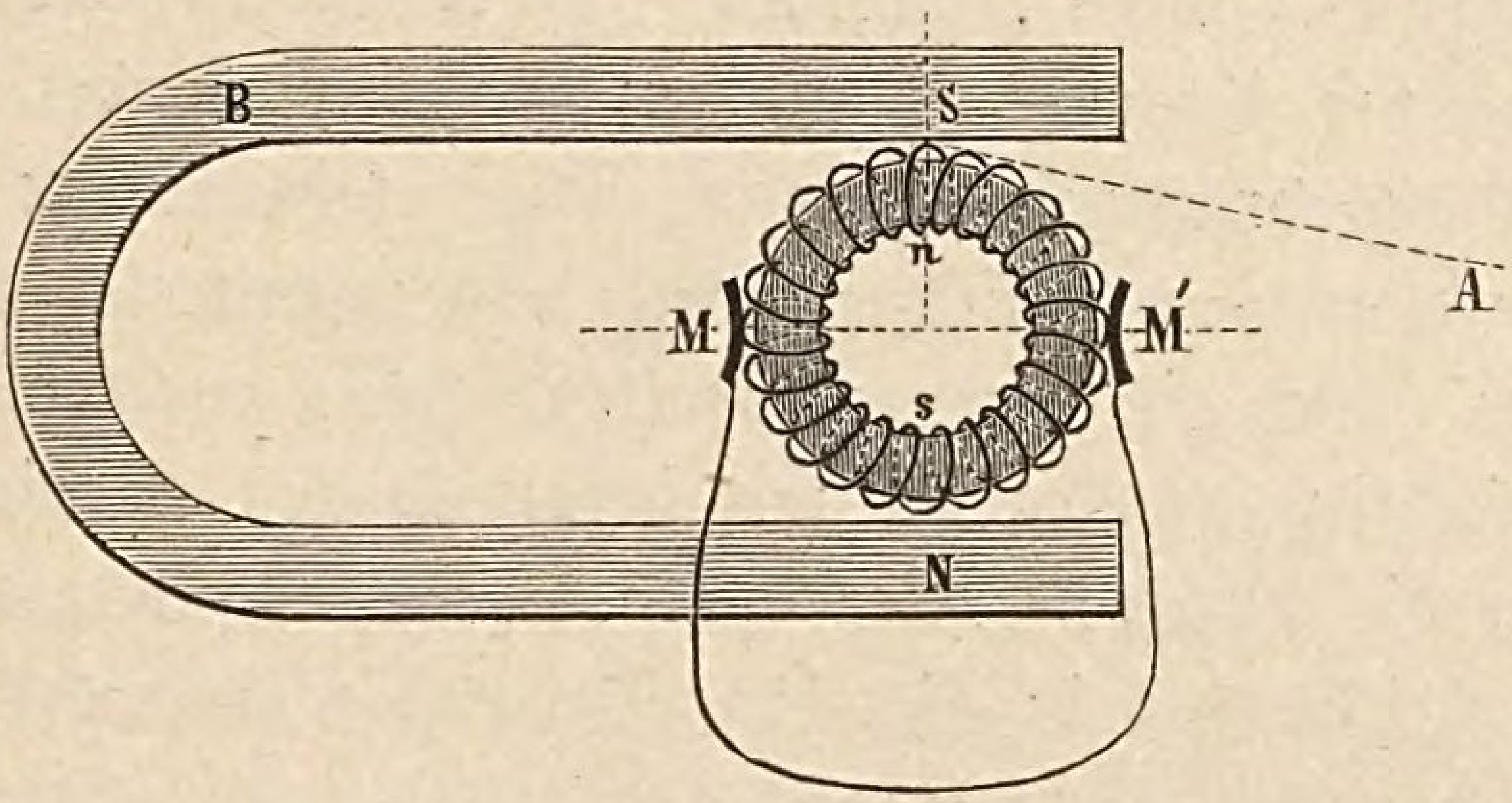
Fig. 10.



Dasselbe gilt, wenn die beiden Magnete nicht gerade Stäbe sind, sondern zusammen einen Ring bilden, wie dies Figur 10 zeigt. In der Spirale circulirt dann bei ihrer Bewegung um den Ring ein Strom, der in N n und S s seine höchsten Intensitäten erreicht und bei M und M' die Richtung wechselt.

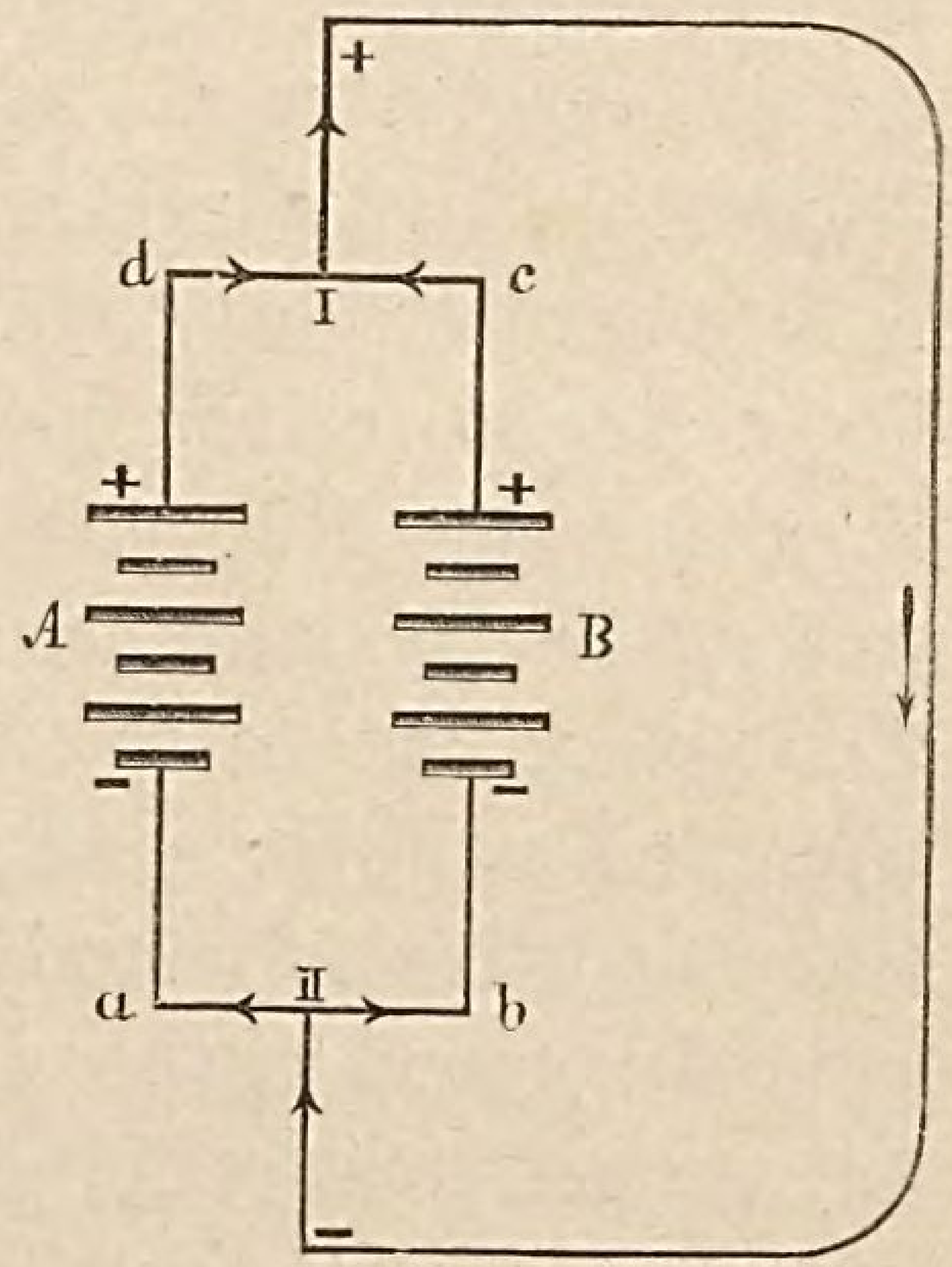
Man betrachte nun nachstehende, das Princip des Gramme'schen Ringes darstellende Anordnung (Fig. 11). Ein Ring aus weichem Eisen ist mit isolirtem Kupferdrahte

Fig. 11.



umwickelt und zwischen den Polen eines Magnetes angebracht. Jeder Pol des Magnetes erzeugt durch Influenz an der ihm am nächsten liegenden Stelle des Ringes einen ihm entgegengesetzten Pol. Rotirt der Ring, so bleiben doch die Pole n und s stets den Polen S und N gegenüber, das heißt, sie wandern im Ringe entgegengesetzt seiner Rotationsrichtung. Für die Spirale aber ergibt sich daraus dieselbe Wirkung, als wenn nur sie rotiren würde, der Ring aber feststünde. Es wird daher, gemäß der früheren Betrachtung, in allen Windungen

Fig. 12.



der Spirale, welche sich von M über n nach M' bewegen, ein Strom in der einen Richtung, in allen Windungen, welche sich von M' über s nach M bewegen, ein Strom in

der entgegengesetzten Richtung circuliren. Offenbar werden beide Ströme gleich stark sein und sich, da sie entgegengesetzte Richtungen haben, gegenseitig aufheben.

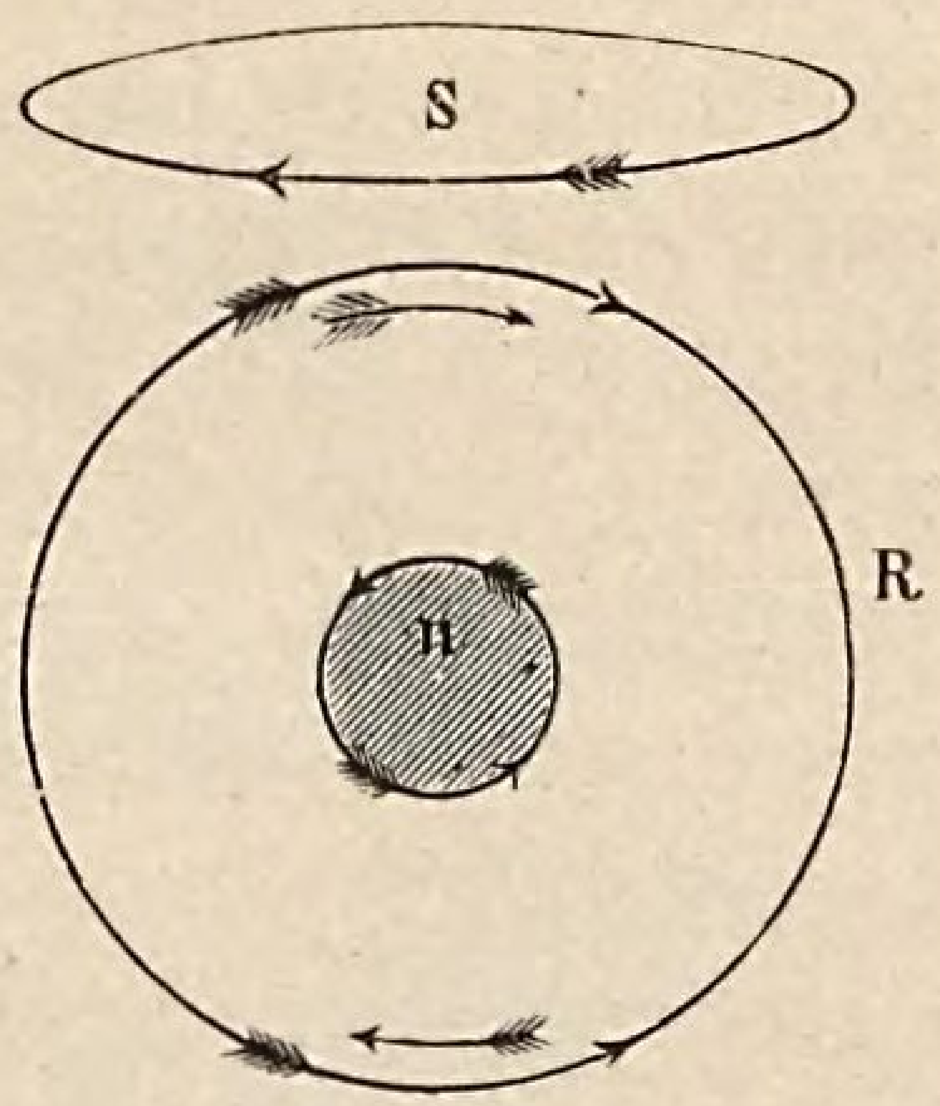
Es tritt hier dieselbe Erscheinung ein, wie bei zwei Batterien (A und B, Fig. 12) von gleicher Elementenzahl, die man mit ihren gleichnamigen Polen verbindet. In den Verbindungsdräthen a b und c d tritt kein Strom auf, da sich die elektro-motorischen Kräfte beider Batterien aufheben. Es wird aber ein Strom erhalten, wenn man die Enden eines Schließungsbogens mit jenen Stellen verbindet, an welchen die Drähte zweier gleichnamiger Pole zusammentreffen (bei I und II in Fig. 12). Derart verbundene Batterien nennt man auf Quantität gekuppelte Batterien.

Kehren wir zum Gramme'schen Ringe zurück, so sieht man, daß aus diesem ebenfalls ein Strom erhalten werden kann, wenn die Punkte M und M' (Fig. 11) durch einen Schließungsbogen verbunden werden. Dies läßt sich dadurch bewerkstelligen, daß man an der Außenseite des Ringes die Drahtspiralen blank macht und bei M und M' Federn darüber schleifen läßt. Es wird dann im Schließungsbogen ein Strom von stets gleichbleibender Richtung circuliren, der eine desto größere Intensität erreichen wird, je rascher die Rotation erfolgt, weil dadurch die Zahl der Windungen, welche in einer bestimmten Zeit die Pole des Magnetes passiren, ebenfalls sich vergrößert, also auch die Inductionsströme zahlreicher werden.

Bis jetzt wurde nur die Wirkung des magnetischen Eisenringes auf die Spirale in Betracht gezogen; es erübrigt nun noch, die Wirkung des permanenten Magnetes auf die Spirale zu erklären. Zunächst muß bemerkt werden, daß die Pole des permanenten Magnetes in Figur 11 wegen der Ankerwirkung des weichen Eisenringes an der Innen-

fläche des Hufeisens an den dem Ringe nächsten Stellen sich befinden. Die Solenoidströme, die man sich an diesen Polen denken kann, werden sich daher in Kreisen bewegen, deren Ebene auf der Ebene der Zeichnung sowohl, als auch auf der Ebene der unter dem Pole befindlichen Drahtwindung senkrecht stehen. In der Zeichnung müßte daher ein solcher Solenoidstrom als gerade Linie, welche mit der Linie S B zusammenfällt, erscheinen. Führt man nun einen Schnitt in der Richtung S n, so würde auch hier der Solenoidstrom als gerade Linie erscheinen. Betrachtet man aber den Pol S in der Richtung der Linie A S, so zeigt sich ein solcher in Wirklichkeit kreisförmiger Solenoidstrom als langgestreckte Ellipse; zeichnet man zu dieser den unter dem Mittelpunkte der Ellipse bei n befindlichen Querschnitt des drahtumwundenen Ringes, so erhält man die Figur 13.

Fig. 13.



Auf den Drahtring R (eine Windung der Spirale) wirken nun S und n; in S kreist ein Strom in der Uhrzeigerrichtung, in n ein Strom in der entgegengesetzten Richtung; letzterer wirkt bei der Annäherung des Ringes an n derart, daß er in R einen entgegengesetzt gerichteten (in der Zeichnung durch die kleinen Pfeile angedeuteten) Strom erzeugt. S wird aber in gleicher Weise seiner Stromesrichtung entgegengesetzt gerichtete Ströme in R induciren, wie die großen Pfeile im Kreise andeuten. In R sind also durch die Wirkung von S zwei Ströme von entgegengesetzter Richtung hervorgerufen worden, die sich gegenseitig aufheben müßten, wenn sie gleich stark wären; nun ist aber der untere Theil des Ringes bedeutend weiter

entfernt von S als der obere Theil, daher der Strom im unteren Theile bedeutend schwächer als der im oberen Theile: es bleibt also ein Strom übrig in der Richtung des oberen Pfeiles, die aber, wie die Figur zeigt, mit der Richtung des durch n inducirten Stromes übereinstimmt und deshalb die Wirkung des Eisenringes verstärkt.

Stellt man dieselbe Betrachtung an für jede folgende Windung, die bei der Drehung des Ringes an S herankommt, so erhält man immer dasselbe Resultat, d. h. in der Spirale circulirt in dem ganzen oberen Viertel M S (Fig. 11) ein Strom in der Uhrzeigerrichtung; im zweiten oberen Viertel kehrt sich sowohl die Wirkung von S als auch die Wirkung von n um, da sich die Spulen jetzt den Polen nicht mehr nähern, sondern sich von ihnen entfernen, woraus wieder ein Strom in der Uhrzeigerrichtung resultiren muß, weil ja eine zweimalige Richtungsumkehrung die ursprüngliche Richtung gerade so geben muß, wie eine doppelte Verneinung eine Bejahung gibt. In der Spirale circulirt also in der ganzen oberen Hälfte ein Strom in der Uhrzeigerrichtung.

Im Gange der letzten Betrachtung wurde nicht beachtet, daß S auch auf die Drahtwindung bei s einwirken muß; diese Einwirkung ist aber in der That zu vernachlässigen, denn wenn schon die Wirkung des permanenten Magnetpoles S auf die ihm nächstliegende Windung schwach ist wegen der viel kräftigeren Wirkung des Ringpoles n, so ist die Wirkung von S auf die ihm diametral gegenüberliegende Spirale wirklich beinahe Null, um so mehr, als diese Spirale der unmittelbaren Einwirkung von N und s unterliegt.

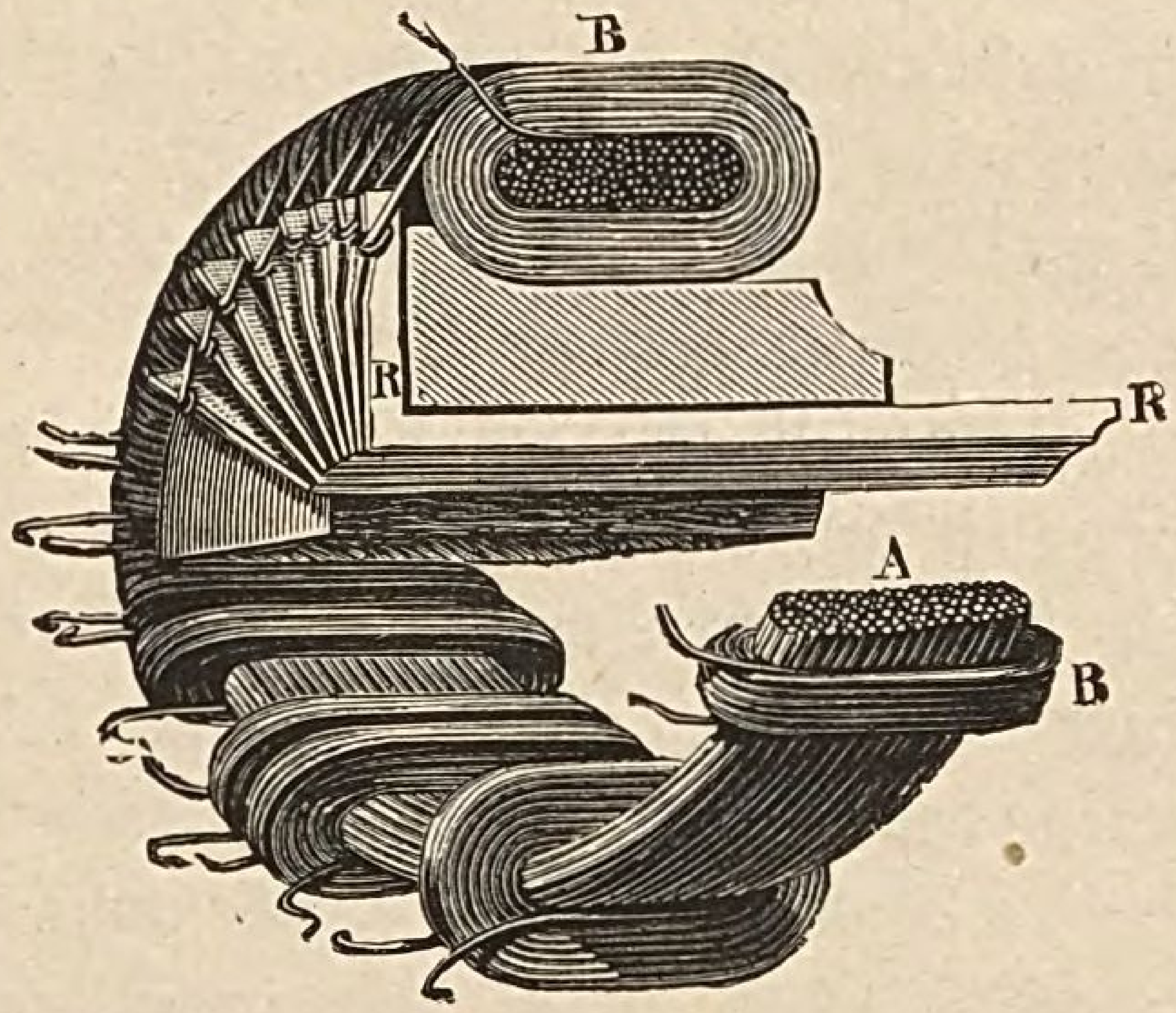
Für die untere Hälfte des Ringes ergibt sich dasselbe Raisonnement wie für die obere Hälfte; da aber die

Magnetpole entgegengesetzt sind, so wird auch der Strom die entgegengesetzte Richtung haben, also gegen die Uhrzeigerbewegung kreisen.

Hiermit ist das Wesen der Gramme'schen Maschine erklärt; Inductionswirkungen untergeordneter Bedeutung, wie z. B. die Rückwirkung der Ströme in der Spirale auf die Magnetpole im Eisenringe und im permanenten Magnete u. s. w., sind praktisch von keiner Bedeutung.

Hervorzuheben ist noch, daß nach Gramme ein Hauptgrund der starken Wirksamkeit der Maschine darin liegt, daß durch die Einwirkung des weichen Eisenkernes die Anziehung des permanenten Magnetes mehr auf einen Punkt concentrirt und seine inducirende Wirkung hierdurch verstärkt wird.

Fig. 14.



Die praktische Ausführung des Ringes ist durch Fig. 14 versinnlicht. Der Deutlichkeit wegen ist ein Theil des Ringes zwischen A und B weggelassen. Der Eisenring A ist nicht aus einer massiven Stange gebildet, sondern aus einem Büschel gut ausgeglühter Eisendrähte zusammengesetzt. Es hat dies darin seinen Grund, daß bei einer derartigen Zusammensetzung des Ringes derselbe am besten geeignet ist, Magnetismus rasch anzunehmen und auch rasch wieder zu verlieren. Auch die Drahtwindungen bestehen nicht aus einem ununterbrochen um den Ring spiralig gewundenen Drahte,

sondern aus einer Reihe von Spulen B, deren Enden mit einander verlöthet sind. Diese Wicklungsart ist durch gewisse praktische Erwägungen veranlaßt. An der Sache selbst wird aber dadurch nichts geändert, da der Stromweg doch eine ununterbrochene Spirale bleibt. Die Zeichnung zeigt am unteren Ende des Eisenringes eine angefangene Spule B, nächst dieser einige einzelne Spulen und am oberen Ende den fertig gewickelten Ring. Die Drähte der Spulen sind aus Kupfer und sorgfältig übersponnen, um die einzelnen Windungen vollkommen von einander zu isoliren. Die Dicke des Drahtes und die Zahl der Windungen hängt von der Bestimmung ab, für welche die Maschine gebaut wird. Soll sie nämlich Ströme von hoher Spannung liefern, so werden dünne Drähte in zahlreichen Lagen angewendet; verlangt man hingegen geringe Spannung, so werden dicke Drähte in wenigen Lagen auf dem Ringe angebracht. Die Verbindung der Spulen wird derart hergestellt, daß immer das Ende einer Spule und der Anfang der benachbarten Spule auf einen in der Ebene des Ringes radial angebrachten Kupferstreifen R angelöthet werden. Die Kupferstreifen sind dann um einen rechten Winkel umgebogen, durchsetzen den Ring und ragen auf der anderen Seite desselben etwa 3—4 Centimeter hervor. Die Zahl dieser Kupferstreifen ist selbstverständlich gleich der Spulenzahl; sie sind von einander sorgfältig isolirt und bilden zusammen einen Hohlcylinder, in dessen Mitte die stählerne Rotationsachse, von ersterem gleichfalls isolirt, befestigt ist. Um dem ganzen Ringe Festigkeit zu geben, ist der Raum zwischen den Kupferstreifen R R und den Spulen B durch eine Holzscheibe ausgefüllt. Die Ableitung des Stromes erfolgt durch Metallfedern oder Bürsten, welche auf dem aus dem Ringe hervorragenden Theile des Hohlcylinders schleifen. Die

Stellung derselben ist wie im Schema der Maschine, Fig. 11, um einen rechten Winkel von den Polen des permanenten Magnetes entfernt. Es bedarf wohl keiner weiteren Erläuterung, daß diese Bürsten in der hier geschilderten Anordnung gerade so wirken, als ob sie am Umfange des Ringes selbst schleifen würden.

Bei den ersten Maschinen, welche Gramme baute, wurde ein permanenter Stahlmagnet in Hufeisenform angewendet. Derselbe bestand jedoch nicht aus einem Stücke, sondern war aus mehreren hufeisenförmigen Lamellen zusammengesetzt, was einen viel kräftigeren Magnet (magnetisches Magazin) gibt. Später ersetzte man diesen Magnet durch den von Jamin angegebenen Blätter-Magnet, das heißt einen Magnet, der aus vielen dünnen Stahlblechen gebildet ist.

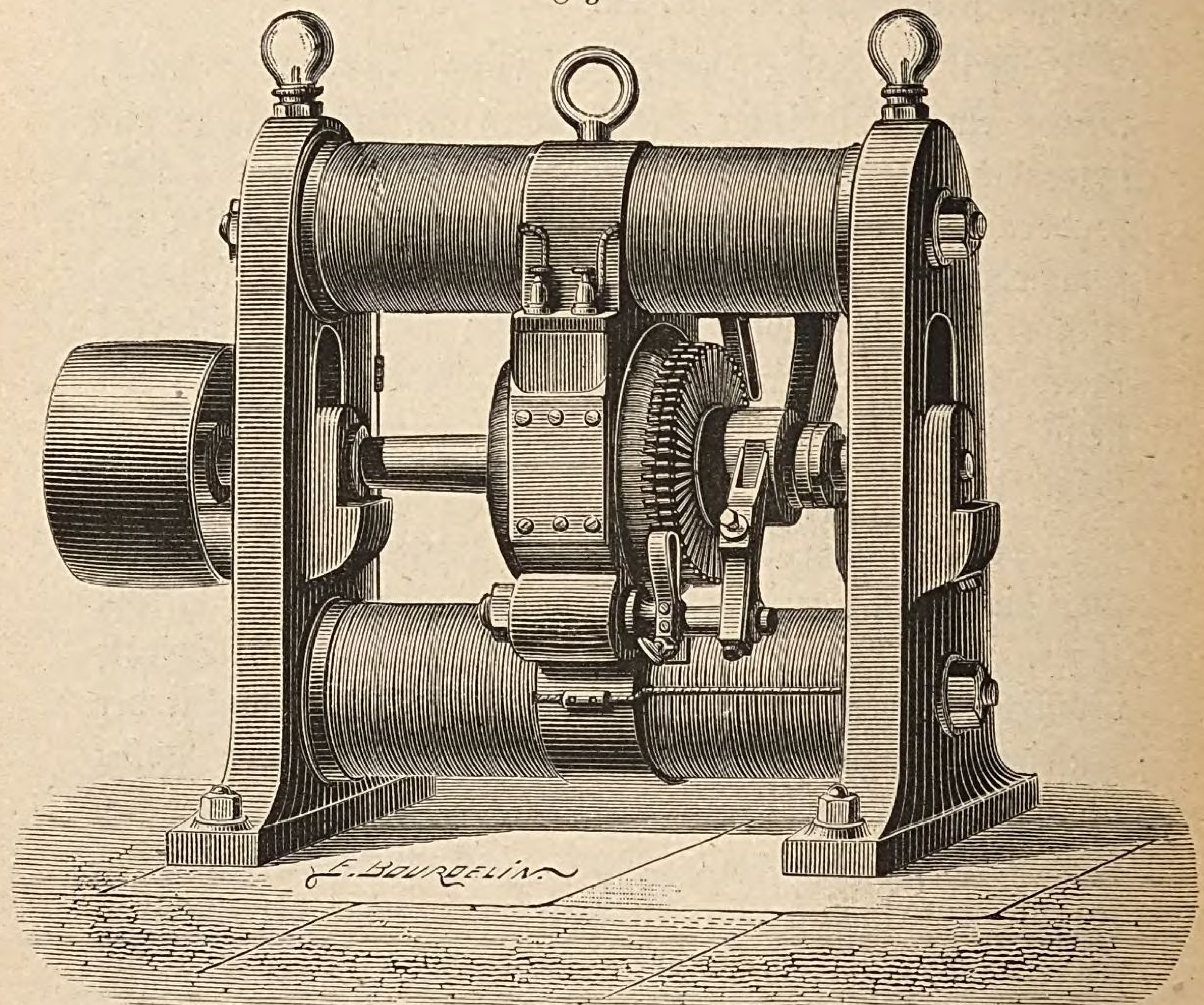
Es ist noch die Frage zu beantworten, wieso diese Maschine einen ununterbrochenen (continuirlichen) Strom liefern kann, da ja nur einzelne Ströme in der Spirale inducirt werden, und zwar in derselben Schnelligkeit der Aufeinanderfolge, als die einzelnen Spulen an den Polen des Magnetes vorbeirotiren. Diese Frage beantwortet sich sehr einfach, wenn man bedenkt, daß einerseits der Ring so rasch rotirt, daß man die Aufeinanderfolge der einzelnen Ströme oder Strom-Impulse nicht mehr getrennt wahrnehmen kann und andererseits die Bürsten schon den nächsten Kupferstreifen auf dem früher besprochenen Cylinder (Stromsammler) berühren, wenn sie die vorhergehenden noch nicht verlassen haben.

Die Stromstärke nimmt bei einer und derselben Maschine zu mit der Umdrehungsgeschwindigkeit, und zahlreiche Versuche haben ergeben, daß die elektro-motorische

Kraft (wie man sich auch auszudrücken pflegt) der Geschwindigkeit proportional ist.

Ohne auf die Constructionen der Maschinen mit Hand- oder Fußbetrieb für Laboratoriums-, Telegraphen- oder

Fig. 15.



andere Zwecke näher einzugehen, soll hier gleich die Beschreibung jener Lichtmaschine folgen, welche gegenwärtig zu Beleuchtungszwecken gebaut wird und in Figur 15 abgebildet ist. In der Mitte dieser Maschine befindet sich der Gramme'sche Ring, auf einer stählernen Achse aufgesetzt, die an ihrem linken Ende eine Riemenscheibe zum Antriebe

durch irgend eine Kraftmaschine trägt, und rechts sind die Klemmen zur Aufnahme der Drahtbürsten, welch' letztere nur der Deutlichkeit halber nicht gezeichnet wurden. An Stelle des permanenten Stahlmagnetes sind zwei Elektro-Magnete gesetzt, deren gleichnamige Pole, einander zugekehrt, sich ober- und unterhalb des Ringes befinden. Sowohl das obere Polpaar, als auch das untere trägt je eine Armatur aus weichem Eisen, die derart geformt ist, daß sie mehr als ein Drittel des Ringumfanges umfaßt. Um die Festigkeit zu erhöhen und den Ring auch an den von diesen Eisenarmaturen nicht bedeckten Stellen zu schützen, sind Messingplatten angebracht, durch je sechs Schrauben an die Armaturen befestigt.

Die Elektro-Magnete werden mit Zuhilfenahme des dynamischen Principes (siehe Seite 15) angeregt, indem sie in den Hauptstromkreis der Maschine eingeschaltet sind.

Eine derartige Maschine wiegt 180 Kilogramm, ist 0·60 Meter hoch und 0·35 Meter breit. Der Draht auf den Elektro-Magneten hat ein Gewicht von 28 Kilogramm, der auf dem Ringe 4·5 Kilogramm. Der Ring macht 900 Umdrehungen per Minute und liefert dann einen Strom für eine Lichtstärke von 1440 Carcel-Brennern.

Für Leuchtthürme oder zu militärischen Zwecken werden Maschinen gebaut, die Lichter von 4000 Carcel-Brennern (= 32.000 Normalkerzen) erzeugen können.

Trotzdem die Gramme'sche Maschine zu den vorzüglichsten Maschinen zählt, die gegenwärtig gebaut werden, ist sie doch nicht von allen Mängeln freizusprechen. Durch die eigenthümliche Art der Wicklung des Ringes wird nur ein Theil des dazu verwendeten Drahtes für die Induction vollkommen ausgenützt. Es ist dies die äußere Seite der Drahtwicklung, die der unmittelbaren Einwirkung der Pole

des inducirenden Magnetes ausgesetzt ist. Die innere Seite der Bewicklung erfährt, wie früher gezeigt wurde, nur eine sehr schwache Induction; dasselbe gilt von den Seitenflächen der Spulen. Die Drahttheile der Seiten- und inneren Windungen tragen wenig zur Stromerzeugung bei, wirken im Gegentheile schwächend, da sie unnöthigen Widerstand in die Maschine bringen. Ein Theil des Stromes geht durch Ueberwindung dieses Widerstandes verloren, indem er sich in Wärme umsetzt. Ferner tritt an einer Stelle des Eisenringes Magnetismus der einen Art auf, welcher in äußerst kurzer Zeit in Magnetismus der entgegengesetzten Art übergehen muß, da bei der sehr raschen Rotation eine und dieselbe Stelle des Ringes in einem sehr kleinen Zeitintervall an dem einen und dem anderen Pole des inducirenden Magnetes vorbeikommt. Auch dieser rasche Polwechsel ist mit Wärme-Erzeugung verbunden.

Die Umsetzung eines Theiles des Stromes in Wärme ist jedoch bei keiner Maschine vollkommen vermieden und darin liegt auch der Grund, daß man mit dem Baue von Maschinen nur bis zu einer bestimmten Größe gehen kann. Geht man darüber hinaus, so wird die Wärme-Erzeugung so bedeutend, daß die Isolirungen zerstört werden.

Gramme'sche Wechselstrom-Maschine.

Den ersten bedeutenden Fortschritt in der Theilung des elektrischen Lichtes machte, wie Seite 22 gezeigt wurde, Jablochkoff durch die Erfindung der nach ihm benannten Kerzen. Sollen die beiden Kohlenstäbchen einer solchen Kerze gleichmäßig abbrennen, so müssen durch sie Ströme von stets wechselnder Richtung gehen. Die eben beschriebene Gramme'sche Maschine gibt aber einen continuirlichen,

gleichgerichteten Strom, konnte also für Jablochkoff-Kerzen keine Verwendung finden. Dies veranlaßte nun Gramme, seine Wechselstrom-Maschine zu construiren.

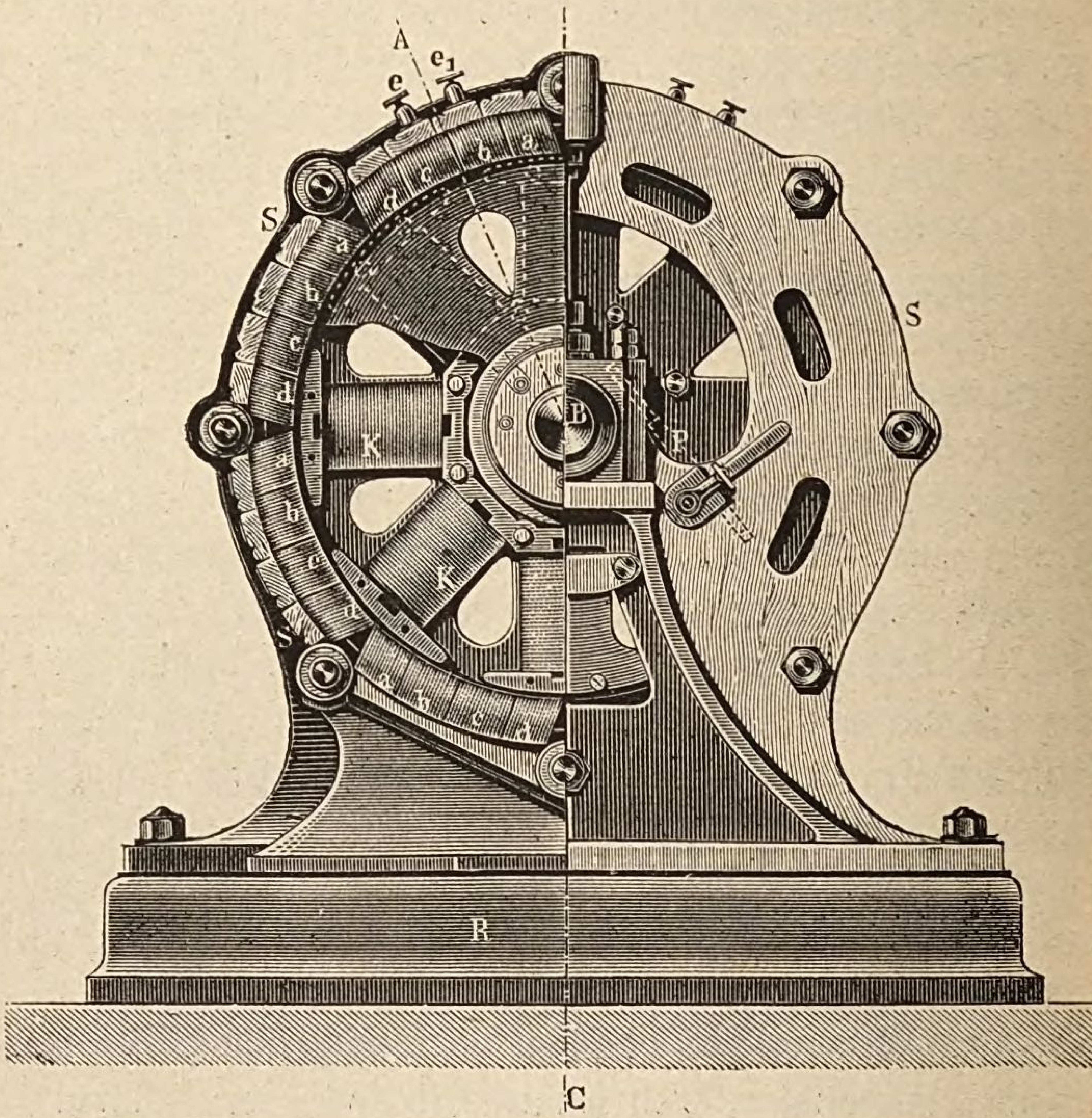
Eine derartige Maschine ist in den Figuren 16 und 17 im Quer- und Längsschnitte abgebildet.

Auf einem gußeisernen Sockel R sind zwei ebenfalls gußeiserne Seitenständer D von nahezu kreisförmiger Gestalt befestigt. Acht Messingstangen E und eine Eisentraverse U dienen dazu, die Festigkeit des Gestelles zu erhöhen. An diesem Gestelle sind die Drahtspulen a b c d .... mit ihrem aus einem oder mehreren Stücken bestehenden Eisenkerne befestigt. Der ganze Spulencylinder ist außen von einem Holzmantel S umgeben. F ist eine Stahlachse, auf welcher mittelst der gußeisernen Muffen H und achtseitiger Platten die acht Elektro-Magnete K angebracht sind. Jeder derselben ist mit einer Armatur aus weichem Eisen versehen, die an der Außenfläche abgerundet ist und über die Spule hinausragt, so daß zwischen den Armaturen zweier benachbarter Spulen nur ein kleiner Zwischenraum bleibt. Zwei dünne Scheiben T, an den einzelnen Spulen befestigt, schützen diese gegen die Wirkung der Centralkraft. Ferner sind auf die Rotationsachse bei N zwei Scheiben isolirt aufgesetzt und auf diesen schleifen die Bürsten P. Sie dienen dazu, um einen Strom in die Elektro-Magnete zu leiten, den eine kleine Gramme'sche Maschine für gleichgerichtete Ströme, irgend eine andere Elektricitätsquelle oder die Maschine selbst liefert.

Die Elektro-Magnete sind abwechselnd nach rechts und nach links gewickelt und alle in den Stromkreis der erregenden Elektricitätsquelle eingeschaltet. Die Wirkung eines durch alle Windungen kreisenden Stromes wird also derart sein, daß, wenn ein Magnet den Drahtwindungen a b c d ...

seinen Südpol zuwendet, die rechts und links benachbarten Magnete den Nordpol außen haben, oder mit anderen Worten, die im Kreise aufeinander folgenden Armaturen sind abwechselnd nord- und südpolarisch.

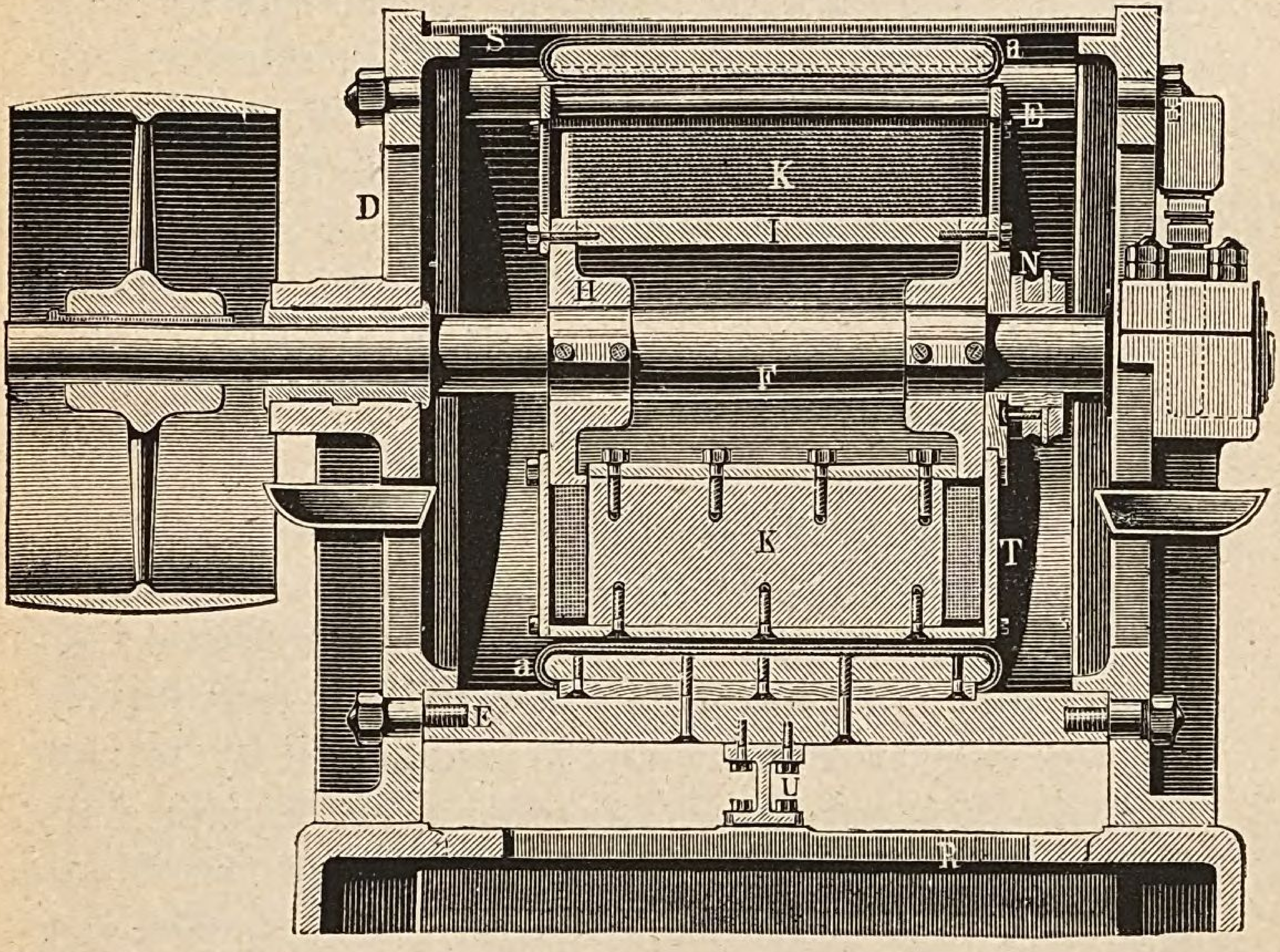
Fig. 16.



Die in 8 Gruppen zu je 4 Spulen zusammengestellten Drahtwindungen sind nicht zu einer einzigen Drahtspirale, wie im Gramme'schen Ringe, verbunden, sondern die Drähte jeder Spule führen zu eigenen, auf dem Holzmantel befestigten Klemmen e e_1. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, von der Maschine 32 getrennte Stromkreise zu erhalten.

Die Wirkungsweise der Maschine ist nun leicht zu verstehen. Da 8 Gruppen von Spulen und gleichfalls 8 Elektro-Magnete angebracht sind, so muß in jedem Momente der Drehung die Inductionswirkung auf die einzelnen Gruppen untereinander gleich stark sein, denn wenn z. B. einer Spulengruppe ein Magnet gerade gegenübersteht, so muß eben wegen der gleichen Gruppen- und Magnetzahl auch jeder anderen Gruppe ein Magnet gerade gegenüberstehen.

Fig. 17.



Die Stärke der inducirten Ströme wird also jederzeit in allen Spulengruppen gleich sein, aber die Richtung der Ströme in den einzelnen Gruppen verschieden, da ihnen verschiedene Magnetpole gegenüberstehen. Es werden in den Gruppen 1, 3, 5 und 7 Ströme in der einen Richtung, in den Gruppen 2, 4, 6 und 8 Ströme in der entgegengesetzten

Richtung circuliren; schreitet die Drehung der Elektro-Magnete fort, so kommt zu jener Spulengruppe, wo früher ein Südpol war, ein Nordpol und umgekehrt: es werden jetzt die Spulengruppen 2, 4, 6 und 8 Ströme in der ersten Richtung und die Gruppen 1, 3, 5 und 7 Ströme in der zweiten Richtung inducirt erhalten.

Ist jede einzelne Spule durch einen Bogen geschlossen, so erhält man demnach 32 getrennte Stromkreise, in deren jedem ein Strom von wechselnder Richtung circulirt. Will man nur 4 Stromkreise erhalten, so hat man die erste, dritte, fünfte und siebente Spule a für den einen Pol, die zweite, vierte, sechste und achte Spule a für den zweiten Pol zu verbinden; ferner die erste, dritte, fünfte und siebente Spule b für den einen Pol und die zweite, vierte, sechste und achte Spule b für den anderen Pol des zweiten Stromkreises zu verbinden; ebenso mit den Spulen c und d verfahren, gibt im Ganzen 4 Stromkreise.

Wenn nämlich, wie früher erwähnt, die Stellung der einzelnen Magnete zu den entsprechenden Spulengruppen bei allen Paaren dieselbe ist, so muß auch die Stellung der Magnete zu den einzelnen Spulen gleicher Bezeichnung dieselbe sein, das heißt, wenn zum Beispiele in einer Gruppe der Spule a ein Magnet gerade gegenüber steht, so muß auch in allen anderen Spulengruppen den Spulen a ein Magnet gegenüberstehen. Da aber die Magnete abwechselnd ihre Nord- und Südpole den Spulen zukehren, so muß auch in den im Kreise auf einander folgenden Spulen a abwechselnd ein Strom in der einen und in der anderen Richtung inducirt werden. Es werden folglich in der ersten, dritten, fünften und siebenten Spule a Ströme in der einen Richtung und in der zweiten, vierten, sechsten und achten Spule a Ströme in der entgegengesetzten Richtung

laufen. Die Spulen der geraden Zahlen mit einem Pole, die Spulen der ungeraden Zahlen mit dem anderen Pole verbunden, und die beiden Pole durch einen Schließungsdraht vereinigt, geben einen Stromkreis, in welchem ein Strom von bestimmter Richtung läuft. Im nächsten Momente der Drehung kommen den Spulen die den früher ihnen gegenüber gestandenen Magnetpolen entgegengesetzte Magnetpole gegenüber, daher wird jetzt in der ersten, dritten, fünften und siebenten Spule ein Strom circuliren, der die entgegengesetzte Richtung des früheren, also die Richtung des früher in der zweiten, vierten, sechsten und achten Spule kreisenden Stromes hat und ebenso wird sich jetzt in den letztgenannten Spulen der Strom umgekehrt haben. Im ganzen Schließungskreise wird deshalb ebenfalls die Stromrichtung die entgegengesetzte des früheren Stromes sein.

Dasselbe gilt für die Spulen, welche mit b bezeichnet sind, dasselbe für die mit c und dasselbe für die mit d bezeichneten. Man erhält daher vier getrennte Stromkreise, in deren jedem Wechselströme circuliren; die Ströme der so erhaltenen vier Stromkreise sind gleich stark.

Die hier abgebildete Maschine speist 16 Jablochkoff-Kerzen zu je 100 Carcel-Brenner Lichtstärke und erfordert zu ihrem Betriebe einen Kraftaufwand von 16 Pferdekräften. Sie kostet inclusive einer kleinen Hilfsmaschine zum Anregen der Magnete 10.000 Frcs., ist 0·89 Mtr. lang, 0·76 Mtr. breit und 0·78 Mtr. hoch. Ihre Maximalgeschwindigkeit beträgt 600 Touren per Minute und ihr Gesammtgewicht 650 Kilogramm.

Gramme hat auch Maschinen von derselben Construction für sechs Lichter und für vier Lichter gebaut.

Eine Vergleichung der von Gramme construirten Maschine für Wechselströme mit der für continuirliche

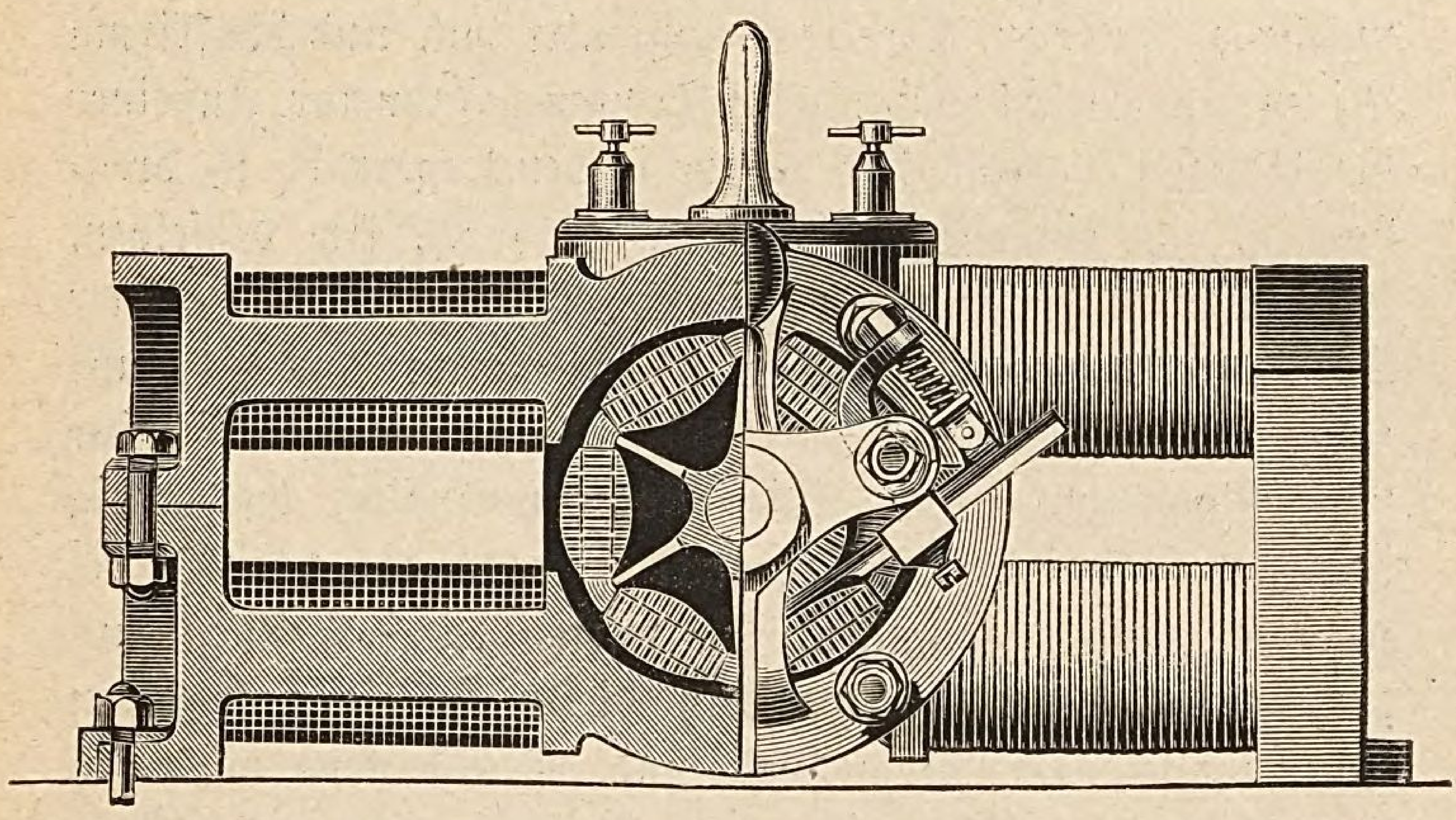
Ströme ergibt, daß beide Maschinen sich in ihren Constructionsprincipien, wie auch in dem mit ihnen erzielten Effect merklich von einander unterscheiden. Das Princip der Gramme'schen Maschine kann nach Fontaine wie folgt zusammengefaßt werden: »Umdrehung einer auf einem Ringe aus weichem Eisen aufgewickelten Kupferspirale ohne Ende vor den Polen irgend eines Magnetes. Die Construction ist charakterisirt durch einen cylindrischen Stromsammler und einen Elektro-Magnet mit Folgepunkten. (Hiermit ist der weiche Eisenring gemeint, in welchem bei der Rotation die Pole Punkt für Punkt der Drehungsrichtung entgegenwandern.) Das Resultat ist ein continuirlicher Strom, wie mit galvanischen Elementen erzeugt. Die Maschine für Wechselströme hingegen beruht auf dem Principe der Umdrehung eines Elektro-Magnetes, der direct auf außerhalb angeordnete Drahtspulen einwirkt, welche vollkommen von einander isolirt sind. Ihre Construction ist charakterisirt durch Elektro-Magnete mit einfachen Polen und durch die Art der Aufwindung der Spulen, welche beliebig in dem einen Theile des Apparates anders gewickelt sein können, als in dem anderen; das Resultat ist die Gewinnung von Wechselströmen.«

Maschine von Bürgin.

Diese dynamische Maschine ist in Figur 18 abgebildet. Die Rotationsachse trägt 8 sternförmige Träger zu je 6 Armen, die um je 7 $^1/_2$ Grad gegen einander verstellt sind. Auf jedem dieser Träger ist ein Eisenring, aus einzelnen Lamellen zusammengesetzt, in Form eines Sechseckes befestigt. Es sind also auf der ganzen Länge der Achse 8 solcher Ringe und, da jeder Ring 6 Spulen trägt, 48 Spulen. Die Spulen

eines Ringes, sowie auch die Spiralen sämmtlicher Ringe sind unter einander so verbunden, daß alle Drahtwindungen zusammen eine ununterbrochene Leitung bilden. Von jeder Verbindungsstelle zweier Ringe führt ein Draht zu einem Segmente des Stromsammlers, weshalb dieser 8 Segmente besitzen muß. Die Elektro-Magnete sind horizontal angeordnet und umfassen die Ringe oben und unten zusammen in mehr

Fig. 18.



als $^2/_3$ des Kreisumfanges. Der Strom entsteht auch hier, wie im Gramme'schen Ringe in zwei parallel geschalteten Zweigen und dessen Entstehung und Richtung ist nach der dort gegebenen Erklärung leicht zu verstehen.

Der Gesammtwiderstand der Maschine beträgt 2·8 Ohms, die elektro-motorische Kraft 195 Volts bei 1500 Touren per Minute und 206·5 Volts bei 1600 Touren. Nach Versuchen von Prof. Hagenbach gibt eine Maschine 3 Lichter à 1360 Normalkerzen oder 800 Normalkerzen pro Pferdekraft; bei Einschaltung von 4 Lichtern hat jedes eine Inten-

sität von 700 Normalkerzen, oder eine Pferdekraft liefert 560 Normalkerzen.

Als Hauptvorzug dieser Maschine wird die große Solidität ihrer Construction angegeben.

Trommel-Maschine von Hefner-Alteneck (Siemens)

(für gleichgerichtete Ströme).

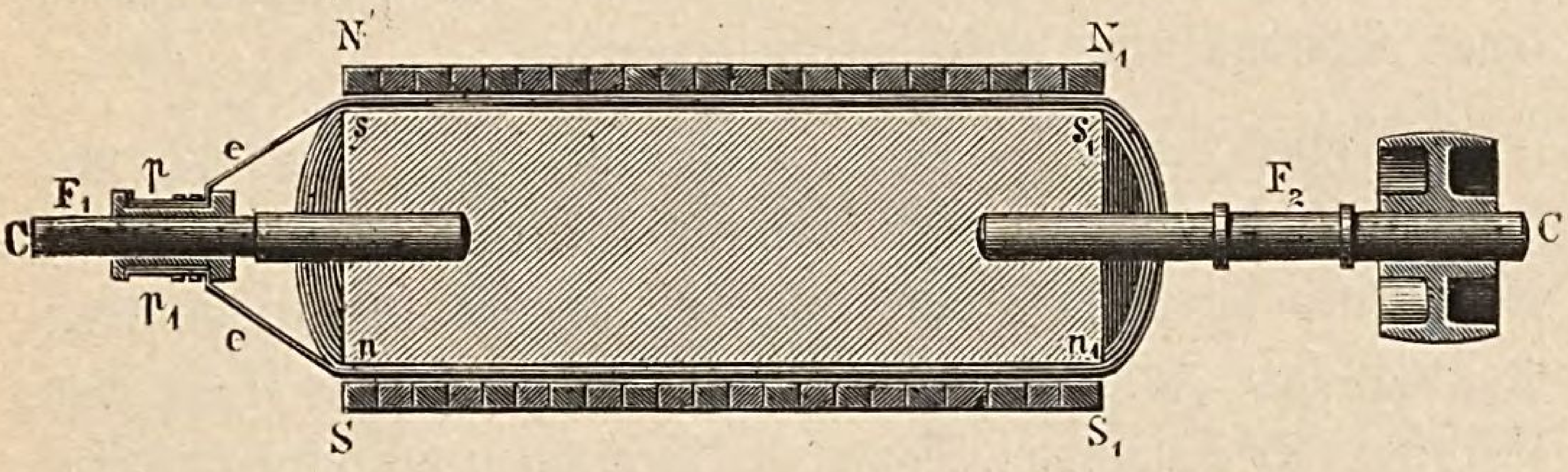
Der charakteristische Bestandtheil dieser Maschine, welche v. Hefner-Alteneck construirt hat, und die Firma Siemens-Halske baut, ist der Trommel-Inductor. Auf einer Stahlachse C C (Fig. 19), welche in den Lagern F_1 F_2 drehbar ist, sitzt ein eiserner Cylinder s s_1 n n_1. Um denselben, und zwar in der Richtung seiner Längsachse, ist isolirter Kupferdraht gewickelt, dessen Enden e e zu dem Commutator p p_1 führen. N N_1 und S S_1 stellen die Querschnitte von Magnetpolen dar. Die Magnetpole sind bogenartig geformt, so daß sie die Trommel in mehr als zwei Drittel ihres Umfanges umhüllen. Sie wirken durch Influenz auf den Eisenkern und verwandeln diesen in einen kräftigen Quermagnet. Die Magnetpole und der Eisenkern bilden in dem Raume zwischen sich zwei entgegengesetzt polarisirte, kräftige magnetische Felder. In diesen rotiren die Drahtwindungen. Man kann auch hier, wie beim Gramme'schen Ringe, zum besseren Verständnisse den Eisenkern als ruhend und nur die Drahtwindung als bewegt ansehen. Die Pole n n_1 und s s_1 des Cylinders rücken zwar bei der Drehung im Cylinder gegen die Drehungsrichtung vor, aber ihre Lage zu den Magnetpolen N N_1 und S S_1 wird nicht geändert.

Die Zahl der Drahtwindungen ist von der Größe und der Bestimmung der Maschine abhängig. Sie sind in

8—28 Gruppen getheilt, deren jede separat zum Commutator geleitet wird; jede solche Gruppe hat zwei Enden, oder wenn man will einen Anfangs- und einen Endpunkt. Der Commutator besteht aus ebenso vielen, von einander getrennten Theilen, als Drahtgruppen auf den Cylinder gewickelt sind. Im Folgenden wird eine solche Drahtgruppe immer nur als eine Drahtwindung dargestellt werden, um die Erklärung und die Zeichnungen zu vereinfachen.

Bei der Rotation der Trommel sind zwei Umstände zu betrachten:

Fig. 19.



1. Wenn die eine Hälfte einer Windung sich dem einen magnetischen Felde nähert, so nähert sich die zweite Hälfte derselben Windung gleichzeitig dem anderen, entgegengesetzt polarisirten magnetischen Felde: es wird also in der einen Hälfte der Drahtwindung ein Strom in der einen Richtung inducirt, in der anderen Hälfte ein Strom in der entgegengesetzten Richtung; beide zusammen geben aber einen Strom, der wegen des zweimaligen rechtwinkeligen Buges der Windung doch nur eine Richtung in der ganzen Windung hat. Es verhält sich hier mit der Stromrichtung geradeso, wie mit der Bewegung des Uhrzeigers: dieser geht auch in der unteren Hälfte seiner Bahn von rechts nach links, in der oberen Hälfte von links nach rechts und doch geht er continuirlich in derselben Richtung fort.

2. Jede Windungshälfte kommt bei jeder vollen Umdrehung der Trommel einmal in das nord- und einmal in das südpolare magnetische Feld. Es werden also in jeder Umwindung bei jeder vollen Umdrehung nach einander Ströme von zweierlei (einander entgegengesetzter) Richtung inducirt.

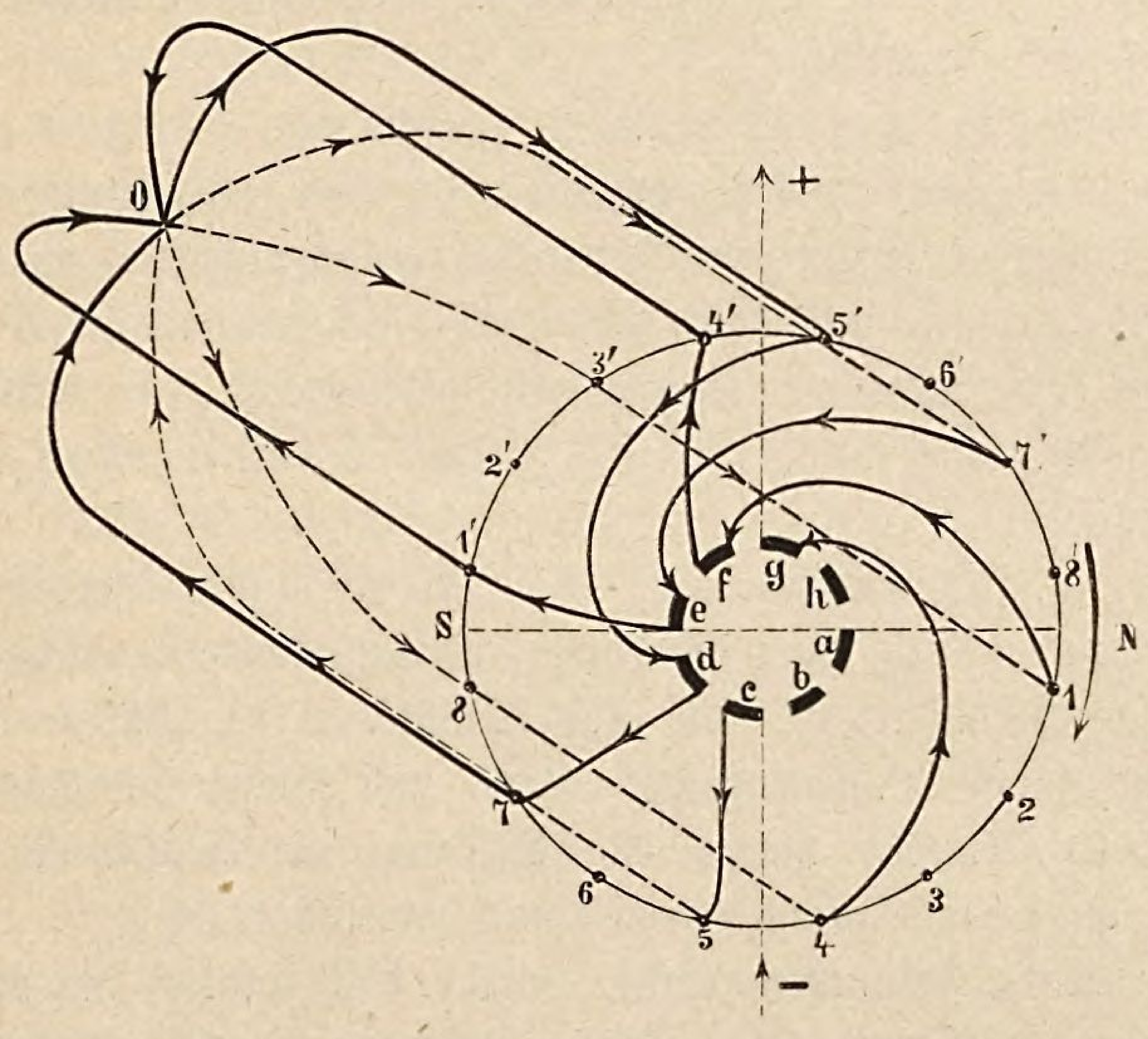
Was von dieser Windung, die eine Drahtgruppe darstellt, gesagt wurde, gilt ebenso für alle übrigen Drahtgruppen. Man sieht also, daß diese Maschine nicht sofort gleichgerichtete Ströme gibt, wie die Gramme'sche, sondern die durch Induction erhaltenen Ströme müssen erst durch einen Commutator gleichgerichtet werden.

Figur 20 stellt den Commutator in Verbindung mit den Drahtwindungen der Trommel für 8 Drahtgruppen schematisch dar. N S bezeichnen die nord- und südpolaren magnetischen Felder, der mit Zahlen beschriebene Kreis den Umfang der Trommel, der mit Buchstaben bezeichnete Kreis die Peripherie des Commutators mit seinen 8 von einander isolirten Theilen und die Curven c 5 O 5' d, d 7 O 7' e, e 1' O 1 f und f 4' O 4 g vier Windungen als Repräsentanten von vier Drahtgruppen; die übrigen vier Gruppen sind der Deutlichkeit wegen weggelassen, sie müßten über die Punkte 2 2', 3 3', 6 6' und 8 8' gehen. Der Pfeil bei N gibt die Rotationsrichtung des Ringes, die übrigen Pfeile die Stromrichtung in den verschiedenen Drähten an. Rotirt nun der Cylinder in der durch den Pfeil (bei N) angegebenen Richtung, so werden folgende Inductionen stattfinden:

I. Die Drahtwindungen, welche von 5' und 7' ausgehend nach O laufen, nähern sich dem Nordpol N; sie erhalten Ströme inducirt von bestimmter Richtung, in der Zeichnung von rückwärts gegen den Commutator zu.

II. Die Windungen, welche von 1 und 4 ausgehen, entfernen sich vom Nordpole, weshalb in ihnen Ströme inducirt werden, die der Richtung nach den vorigen entgegengesetzt verlaufen; nun sind aber auch die Seiten, oben und unten, in Beziehung auf den Nordpol verwechselt, wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, daher haben die Ströme wieder die

Fig. 20.



Richtung von rückwärts gegen den Commutator. Ein Gleichniß möge dieses Verhalten deutlicher machen: Eine Person bewegt sich gegen einen Spiegel; Person und Bild kommen dadurch einander näher, d. h. sie bewegen sich in entgegengesetzter Richtung und doch gehen beide, Person und Bild, vorwärts. Da Person und Bild ihre Vorderseiten einander zukehren, muß offenbar das Vorwärtsbewegen des Bildes und das Rückwärtsbewegen der Person im Vergleiche zu

außerhalb befindlichen Punkten eine und dieselbe Richtung sein. Geradeso verhält es sich nun auch mit den Strömen: bei N ist, wenn das Gleichniß hier angewendet werden soll, der Spiegel; was oberhalb N die Richtung von rückwärts nach vorne hat, zeigt unterhalb N die Richtung von vorne nach rückwärts und da auch der Magnetpol oben umgekehrt wirkt wie unten, so wird die Richtung noch einmal umgekehrt, d. h. die Ströme laufen ober- und unterhalb N in gleicher Richtung.

III. In den Windungen, welche von 5 und 7 ausgehen, werden Ströme inducirt, die ihrer Richtung nach den unter I erwähnten Strömen entgegengesetzt gerichtet sind, weil sie sich dem Südpole nähern, während die unter I betrachteten Ströme sich dem Nordpole nähern. Ihre Richtung wird also sein: vom Commutator nach rückwärts.

IV. Die Windungen, die bei 1' und 4' beginnen, entfernen sich vom Südpol, erleiden deshalb entgegengesetzte Inductionen, wie die Drähte in III, haben aber räumlich die entgegengesetzte Lage und daher durch diese doppelte Umkehr wieder die Richtung der Drähte in III, also die vom Commutator nach rückwärts.

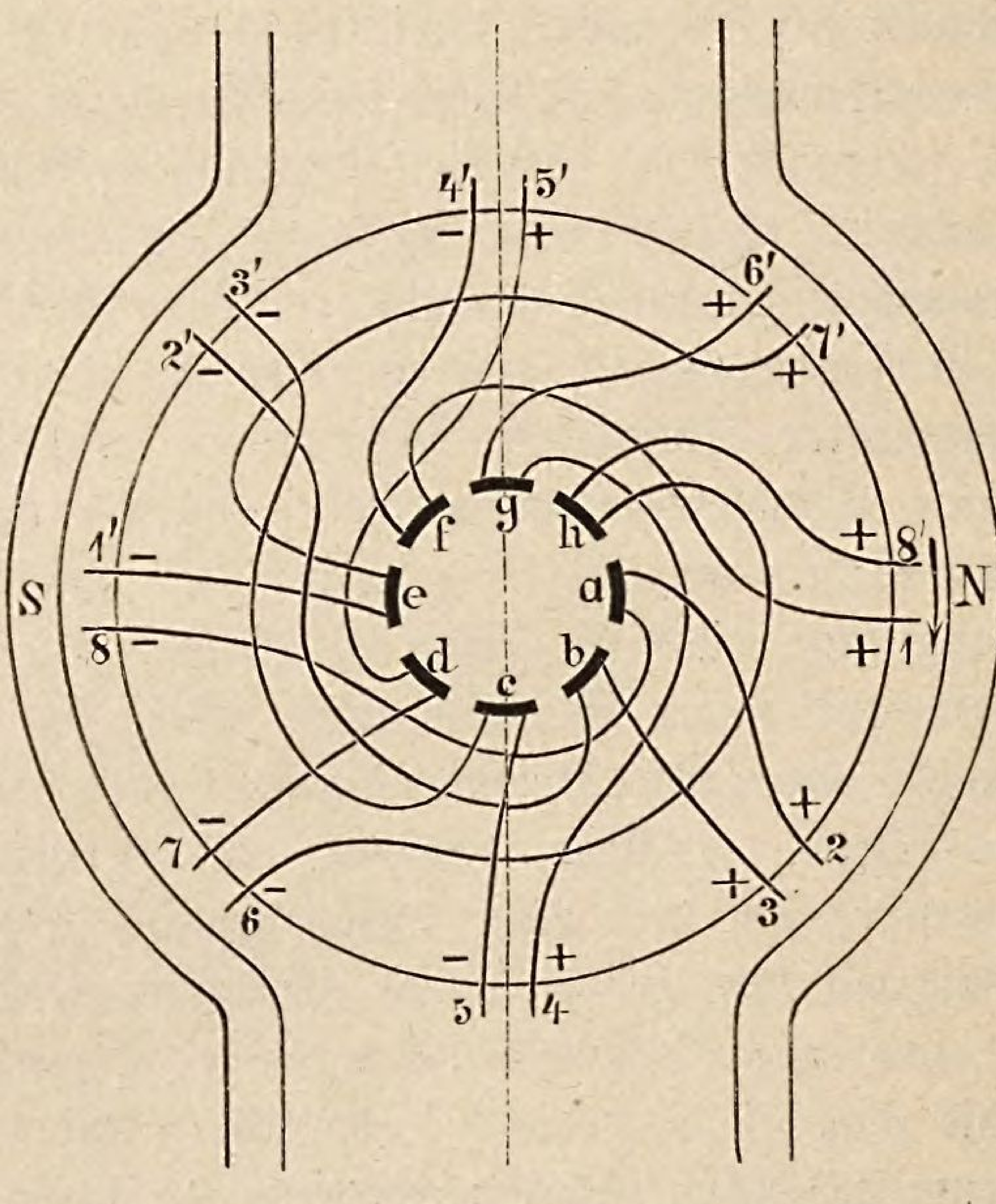
Kurz zusammengefaßt, ergibt sich folglich die Richtung vom Commutator für jene Ströme, welche ausgehen von den Punkten 4' 1' 7 und 5, zum Commutator für die von den Punkten 5' 7' 1 und 4 beginnenden Ströme. Es tritt also zwischen 5' und 4', ferner zwischen 5 und 4 ein Stromwechsel für jede einzelne Spule ein; die Verbindungslinie + — zwischen diesen Punkten des Stromwechsels steht senkrecht zur Verbindungslinie der beiden Magnetpole N S. Alle diese Ströme werden nach einer Richtung (+ —) aus der Maschine abgeleitet durch die

in Figur 20 dargestellte Anordnung des Commutators. Von — ausgehend, kann man die Richtung des Stromes über c 5 O 5' d 7 O 7' e 1' O 1 f 4' O 4 g bis + verfolgen und ersieht daraus, daß alle diese Windungen einen ununterbrochenen Stromkreis darstellen.

Wird derselbe Gang der Betrachtungen auch für die von den Punkten 6' 8' 2 und 3, sowie für die von 3' 2' 8 und 6 ausgehenden Windungen (als Repräsentanten dieser Gruppen) angestellt, so ergiebt sich, daß die ersterwähnten Windungen Ströme inducirt erhalten in der Richtung zum Commutator, die letzterwähnten vom Commutator. Eine der vorigen analoge Verbindungsweise der einzelnen Windungen mit den Commutator-Abschnitten giebt dann wieder einen geschlossenen Stromkreis; dieser geht von — aus über c 3' O 3 b 2' O 2 a 8 O 8' h 6 O 6' g nach +. Zur besseren Orientirung kann vielleicht Figur 21 dienen. Hier ist der Commutator mit seinen Verbindungen, aber ohne die zur Cylinderachse parallelen Drahtwindungen dargestellt, und dieselben Ziffern bezeichnen dasselbe, wie in Figur 20. Uebrigens wird sich der Leser diesen zweiten Stromkreis ohne Mühe mit Blei in Figur 20 einzeichnen können. In Figur 21 sieht man, daß in den Stücken des Commutators, welche mit d, e, f, h, a und b bezeichnet sind, Ströme verschiedener Richtung zusammentreffen; da aber je einer dieser an einem solchen Punkte ankommenden Ströme von der einen Seite, der andere von der anderen Seite der verticalen Mittellinie kommt, so bildet der eine doch nur die Fortsetzung des anderen und beide zusammen einen Kreis, in welchem der Strom in derselben Richtung circulirt. (In Figur 20 gilt dies für die Punkte d, e und f, da der zweite Kreis der Deutlichkeit halber weggelassen ist.) Bei den in der Mittellinie liegenden Commutatortheilen

g und c jedoch treffen je zwei gleichbezeichnete Ströme zusammen. Sie kommen aber nicht von verschiedenen Seiten der Mittellinie, sondern jedesmal von derselben Seite, und zwar für g beide von der rechten und für c beide von der linken Seite.

Fig. 21.



Wir haben nun wieder denselben Fall wie beim Grammeschen Ringe (Seite 42): Würde man die bei g zusammenlaufenden Drähte untereinander und die bei c ankommenden Ströme untereinander verbinden, so würde die ganze Umwicklung der Trommel eine in sich geschlossene Spirale geben, in welcher sich die entgegengesetzt gerichteten, aber gleich starken Ströme begegnen und gegenseitig vernichten müßten. Bringt man hingegen bei g und c Drahtbürsten oder Metallfedern

an, die auf g und c schleifen, und verbindet diese durch einen Schließungsbogen, so geht durch letzteren geradeso wie bei der Gramme'schen Maschine so lange ein Strom von constanter Richtung und Stärke, so lange die Trommel mit gleicher Geschwindigkeit rotirt.

Im Vergleiche des Trommel-Inductors zum Gramme-schen Ringe sind bei ersterem die Drahtwindungen viel vollständiger der inducirenden Wirkung der Magnete ausgesetzt, als bei letzterem. Bei der Trommel werden nur die Drahtstücke an den Stirnflächen der Trommel, beim Gramme'schen Ringe aber diese und die an der Innenseite des Ringes von den Magneten nahezu nicht beeinflußt. Dagegen ist die Wicklungs- und Verbindungsweise der Drähte bei der Siemens'schen Maschine viel complicirter.

Nach den obigen Erläuterungen müßte man die Drahtbürsten oder Metallfedern in der verticalen Mittellinie des Commutators anbringen, wenn nicht noch ein Umstand hinzukäme, der bis jetzt nicht berücksichtigt wurde. Die Ströme, welche die Drahtwindungen auf der Trommel durchlaufen, üben nämlich einen magnetisirenden Einfluß auf den Eisencylinder aus, der darin besteht, daß Nord- und Südpol in einer horizontalen Linie des Cylinder-Querschnittes erzeugt werden. Das Resultat dieser durch die in den Trommelwindungen circulirenden Ströme erzeugten Pole des Eisencylinders und der Pole desselben Cylinders, welche durch die Magnete erzeugt werden, ist, daß die magnetischen Felder in der Richtung der Trommelrotation verschoben werden.

Will man daher von der Maschine das Maximum der Ströme erhalten, so muß man die Schleiffedern an den Enden eines Commutator-Durchmessers anbringen, der mit dem verticalen Durchmesser einen spitzen Winkel

einschließt. Die Bürsten sind daher auch nicht unbeweglich angebracht, sondern lassen sich verstellen.

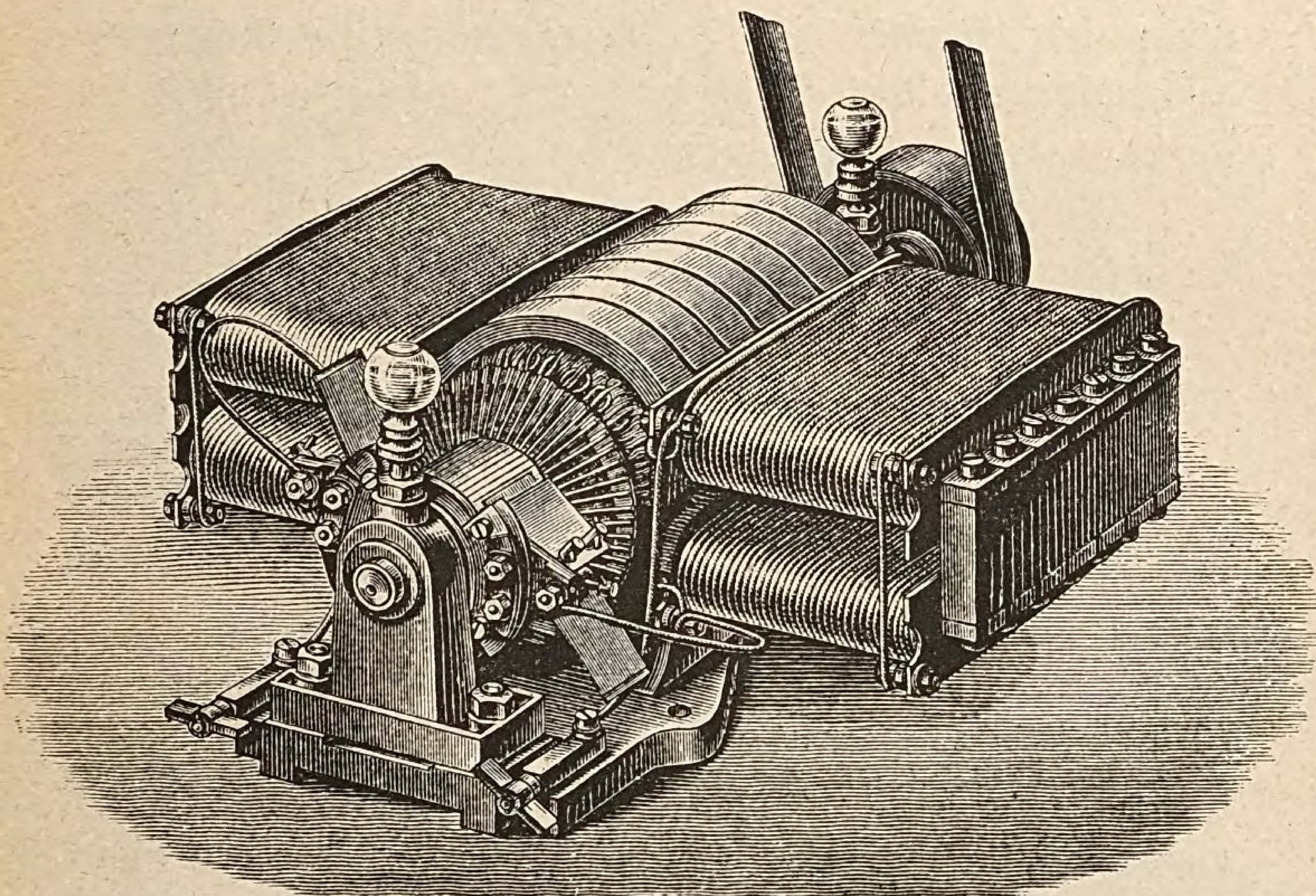
Das Durchdrehen der Trommel zwischen dem festgelegten Eisencylinder und den Magnetpolen stößt aber auf mancherlei technische Schwierigkeiten und führt zu einer complicirten Drahtführung; Siemens ging daher von dieser Anordnung ab und wickelt jetzt die Drähte direct auf den Cylinder, welcher dann gleichfalls an der Rotation theilnimmt. Nun würde aber auch hier geradeso wie beim Gramme'schen Ringe die Bewegung eines compacten Eisenkörpers durch magnetische Felder mit starker Erwärmung verbunden sein, da auch im Eisencylinder Foucault'sche Ströme inducirt werden, welche (ohne Ableitung) gezwungen sind, sich gegenseitig aufzuheben. Um dies zu vermeiden, wird der Cylinder nicht aus einem Eisenstücke, sondern durch Wicklung von Eisendrähten hergestellt.

Bei den Maschinen, welche gegenwärtig gebaut werden ist auch nicht die oben angegebene Verbindungsweise der Drähte beibehalten, sondern die Enden der Spulen sind nach Art des Gramme'schen Ringes verbunden. In Folge dessen fällt auch der Commutator weg und an seine Stelle tritt ein einfacher Stromsammler.

Figur 22 stellt in perspectivischer Ansicht die jetzt übliche Construction dar. Die Spulen der Elektro-Magnete sind hierbei liegend angeordnet, während bei der Beschreibung des Principes die verticale Stellung derselben angenommen wurde; deshalb sind auch die federnden Bänder (Bürsten), welche zur Ableitung des Stromes dienen, nicht in einem spitzen Winkel zur verticalen, sondern in einem solchen zur horizontalen Mittellinie des Stromsammlers angeordnet. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, umfassen die aus 7 Lamellen bestehenden Magnetpole derart die

Trommel, daß weniger als ein Drittel derselben frei bleibt. Die Anwendung des dynamischen Principes zeigt die Verfolgung des Stromweges durch die Maschine. Der in den Umwindungen der Trommel inducirte Strom gelangt durch die rechts auf dem Stromsammler schleifende Bürste mittelst eines Drahtbogens in die rechts unten liegende Spule des Elektro-Magnetes, durchläuft diese, geht dann in die obere

Fig. 22.



Spule, von hier in die am Gestelle rechts befindliche Klemme, in den äußeren Schließungsbogen (der hier nicht gezeichnet ist), zur Klemme links, von dort zu den links befindlichen Spulen des Magnetes und endlich durch die links befindliche Contactfeder wieder in die Trommelwindungen.

Diese Maschinen werden in verschiedenen Größen, mit vertical oder horizontal angeordneten Magneten, dem jeweiligen Zwecke entsprechend, hergestellt.

Das mit D_1 bezeichnete Modell erzeugt ein Licht von ca. 12.000 Normalkerzen, hat eine Länge von 1·21 Meter, eine Breite von 0·86 Meter und eine Höhe von 0·35 Meter. Das Gewicht desselben beträgt 500 Kilogramm und die Trommel macht 500 Touren per Minute bei einem Kraftaufwande von etwa 7 Pferdekräften.

Modell D_5 giebt ein Licht von 500 Normalkerzen, ist 0·48 Meter lang, 0·27 Meter breit und 0·44 Meter hoch; sein Gewicht ist 70 Kilogramm, die Rotationsgeschwindigkeit 1200 Touren per Minute bei einem Kraftaufwande von 1·5 Pferdekräften.

In die Längenangaben der beiden Maschinen ist die Trommel mit eingerechnet.

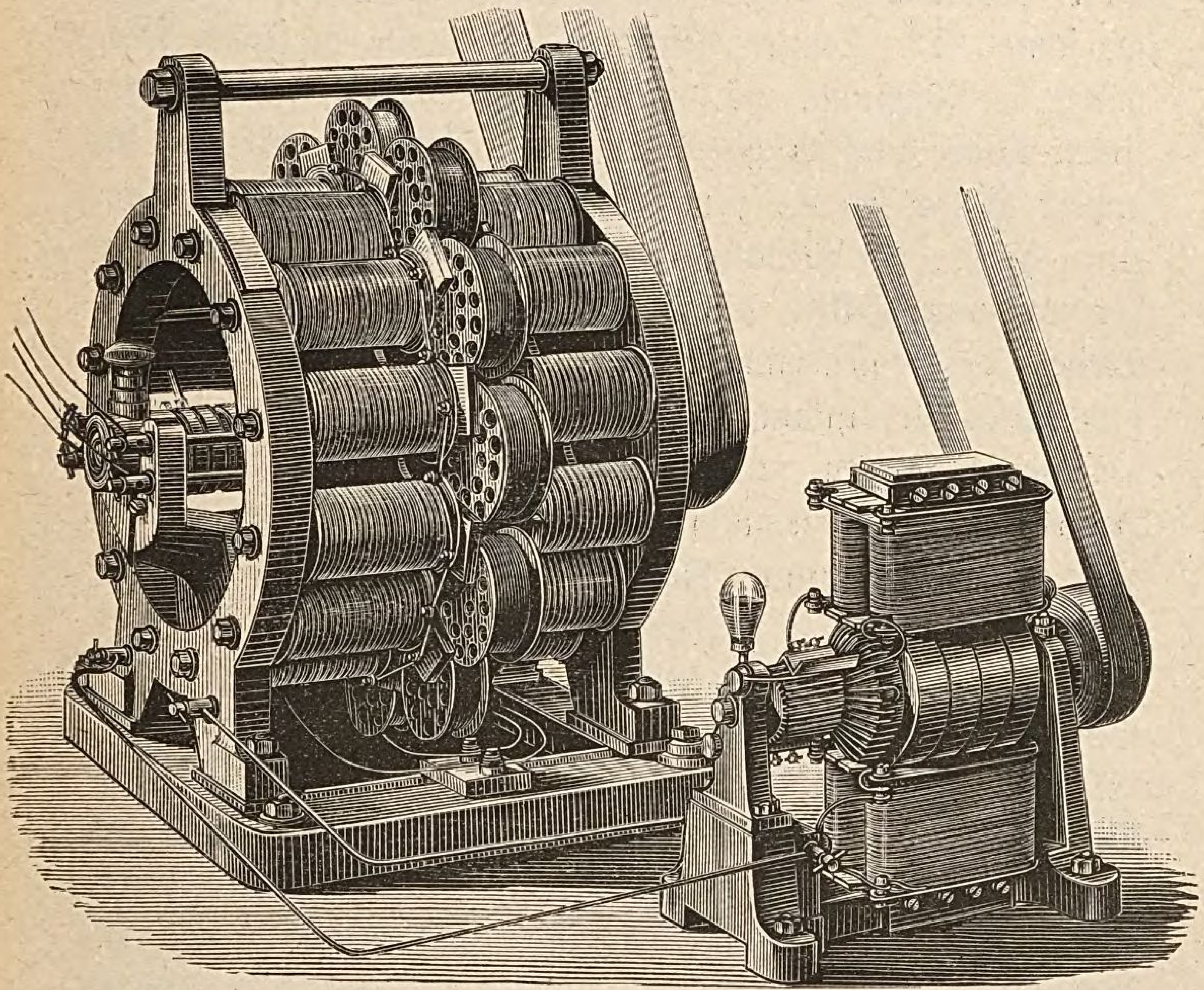
Wechselstrom-Maschine von Siemens & Halske.

Die Wechselströme werden mit Hilfe rotirender, flacher Spulen durch magnetische Felder erzeugt; hierbei ist zu bemerken, daß kein Eisen, sondern nur Drähte rotirt werden. Die Anregung der Elektro-Magnete erfolgt durch Abzweigung einer oder mehrerer Spulen, deren Ströme, durch einen Commutator gleichgerichtet, den Magneten zugeführt werden oder durch eine kleine secundäre Trommelmaschine der früher beschriebenen Art. Figur 23 zeigt diese Maschine in perspectivischer Ansicht und Figur 24 ein Schema des Querschnittes derselben.

Auf der Grundplatte (Fig. 23) sind zwei gußeiserne Ständer befestigt, die oben durch eine Stange zusammengehalten werden. Jeder derselben trägt 12 Elektro-Magnete, deren Drahtwindungen so angeordnet sind, daß jeder einzelne die entgegengesetzte Polarität besitzt, als der ihm gegenüberliegende und, als die auf demselben Ständer

befestigten, ihm seitlich zunächst liegenden Magnete. Die einander zugekehrten Pol-Enden laufen in plattenförmige Verbreiterungen aus. Auf diese Art entstehen magnetische Felder, deren Polarität im Kreise herum stets wechselt. Durch die magnetischen Felder bewegen sich flache, mit

Fig. 23.



isolirtem Leitungsdrahte bewickelte Spulen mit Holzkernen von länglicher Form, welche mit der Achse so verbunden sind, daß sie in einer zu derselben senkrechten Ebene liegen und den Raum zwischen den magnetischen Feldern möglichst ausfüllen. Der in den Spulen inducirte Strom wird zu einer Reihe von Metallringen geleitet, die auf der Achse

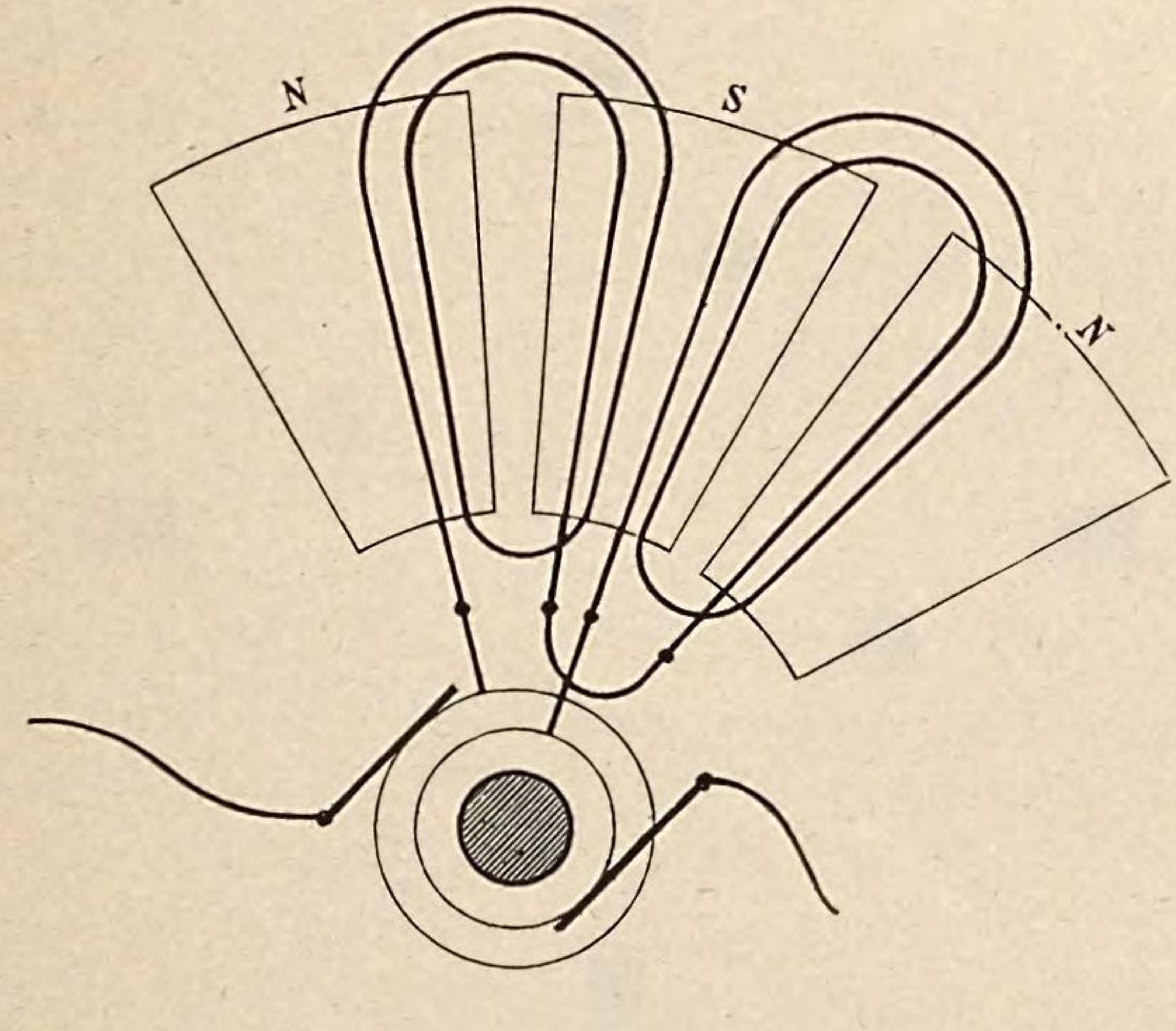
der Maschine aufgesetzt sind, und kann von hier durch Schleiffedern nach außen geführt werden. Zur Anregung der Elektromagnete dient eine kleine Trommelmaschine.

Die Wirkungsweise der Maschine läßt sich mit Hilfe des schematisch gezeichneten Querschnittes (Fig. 24) erläutern. Es sind daselbst nur zwei Spulen mit je zwei Windungen in ihrer Verbindung untereinander und mit den Contactringen gezeichnet. Die Spulen befinden sich gerade in jenem Momente der Drehung, wo die eine Hälfte der Spulen zwischen einem Paare von Magnetpolen hindurchrotirt, während die andere Hälfte bereits zum nächsten Paare gelangt. In der einen Hälfte der Windungen werden daher aufsteigende, in der anderen Hälfte abwärts laufende Ströme inducirt. Wegen der eigenthümlichen Anordnung der Windungen und ihrer Verbindung untereinander werden sie sich aber gegenseitig stärken und zusammen nur einen Strom einer Richtung geben. Im nächsten Momente gelangen die Spulen ganz in die magnetischen Felder hinein, wodurch sie stromlos werden, denn die in je zwei Hälften einer Spule inducirten Ströme haben einerlei Richtung, müssen also zusammentreffen und, da sie gleich stark sind, sich gegenseitig aufheben. Gleich darauf kommt die eine Hälfte der Spulen in magnetische Felder, in welchen früher die andere Hälfte war und umgekehrt, wodurch nun wieder ein Strom inducirt wird, dessen Richtung aber der Richtung des zuerst inducirten Stromes; entgegengesetzt ist. Dann kommen die Spulen wieder ganz in die magnetischen Felder und werden stromlos u. s. w.

Die Anzahl der rotirenden Spulen und der magnetischen Felder ist gleich groß; es wechselt daher der elektrische Strom gleichzeitig in allen Spulen seine Richtung. Da die Stromrichtung in zwei benachbarten Spulen immer die ent-

gegengesetzte ist, so müssen ihre Drahtenden so miteinander verbunden werden, daß die einzelnen Ströme sich dessenungeachtet zu einem Strome verstärken. Wie dies und die Ableitung der Ströme aus der Maschine bewirkt wird, ist aus Figur 24 leicht zu entnehmen. Die Windungen beider Spulen sind einander entgegengesetzt, die eine rechts-, die

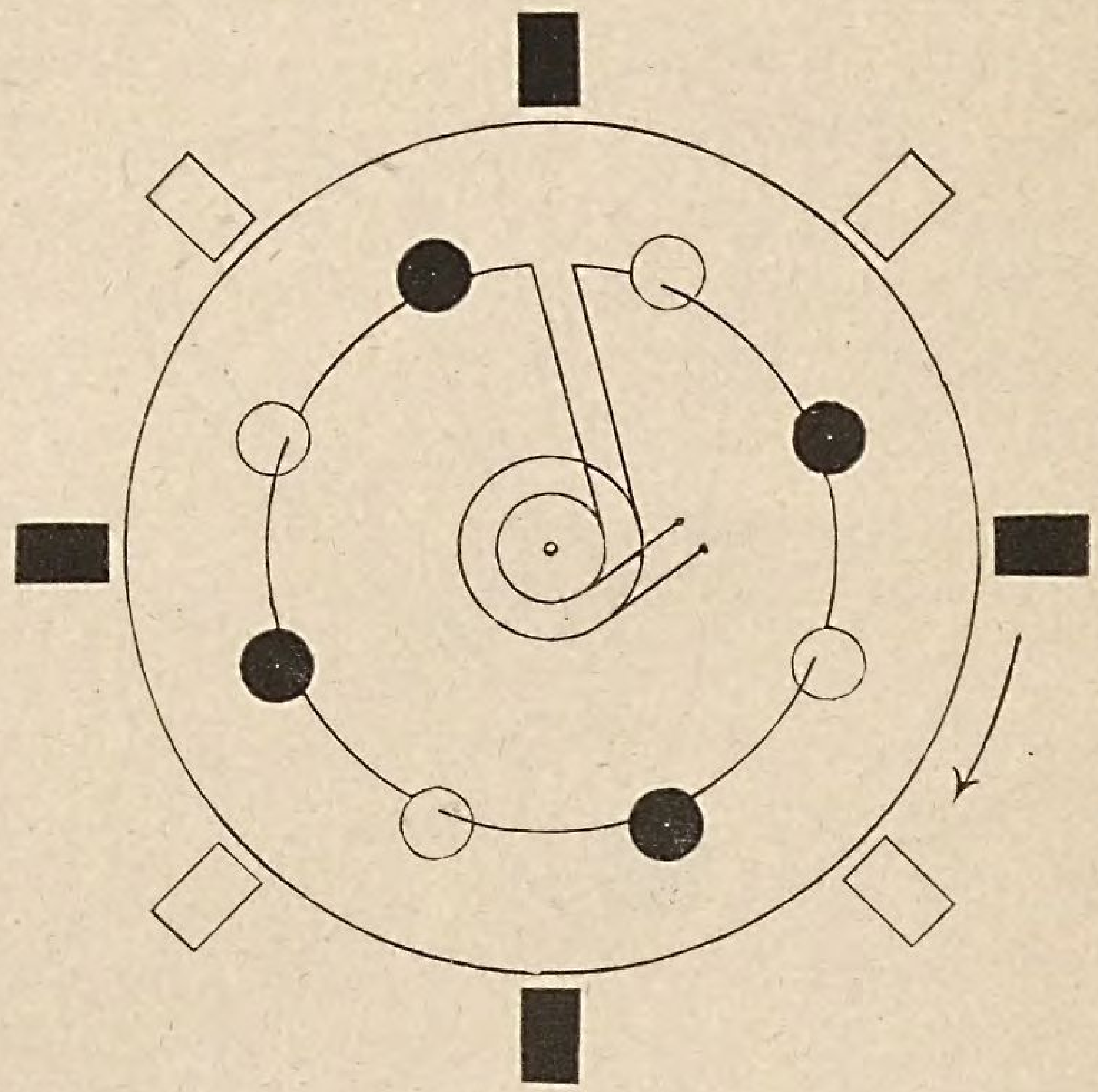
Fig. 24.



andere linkslaufend; geradeso wie mit diesen beiden Spulen verhält es sich mit allen übrigen. Die eine Hälfte der Spulen, z. B. die mit geraden Nummern, ist rechtsläufig, die mit ungeraden Nummern linksläufig. Die magnetischen Felder sind abwechselnd nord- und südpolarisch und an Zahl gleich der Zahl der Spulen. Es müssen sich deshalb alle Spulen mit ungeraden Zahlen südmagnetischen Feldern nähern, wenn sich die Spulen gerader Zahlen den nordmagnetischen Feldern nähern, und umgekehrt. Aus Figur 25 wird dies sofort klar. Die Rechtecke stellen die magnetischen

Felder dar, die kleinen Kreise die Spulen. Die schwarzen Rechtecke bezeichnen die einen, die weißen die entgegengesetzt polarisirten Felder, und ebenso die schwarzen Kreise die in der einen Richtung und die weißen Kreise die in der entgegengesetzten Richtung gewickelten Spulen. Die magnetischen Felder sind hierbei der Deutlichkeit wegen vom

Fig. 25.



Centrum hinausgerückt und nur in ihrer Winkelstellung zu den Spulen richtig.

Jede weiße Spule, welche sich einem weißen Felde nähert, und jede schwarze Spule, welche sich einem schwarzen Felde nähert, entwickelt einen elektrischen Strom, der in der einen Richtung — angenommen in der Drehrichtung der Maschine — weiter verläuft; jede schwarze Spule dagegen, welche sich einem weißen Felde, und jede weiße Spule, die sich einem schwarzen Felde nähert, entwickelt einen der

Drehrichtung entgegengesetzt laufenden Strom; oder einfacher: Spulen, gleichfarbigen magnetischen Feldern sich nähernd, befördern einen elektrischen Strom in der Drehrichtung der Maschine, Spulen, einem ungleichfarbigen Felde sich nähernd, einen Strom in entgegengesetzter Richtung.

Das Schema in Figur 25 zeigt einen Moment der Drehung, in welchem sich sämmtliche Spulen beziehungsweise gleichfärbigen magnetischen Feldern nähern, während nach einer Achteldrehung das Entgegengesetzte stattfindet, so daß also die Wirkungsweise sämmtlicher Spulen sich beziehungsweise zur Hervorbringung eines positiven oder negativen Stromes bei fortlaufender Drehung der Spulenscheibe vereinigt, also sehr rasch auf einander folgende kräftige Stromimpulse mit fortwährend wechselnder Richtung, d. h. Wechselströme giebt.*)

Siemens & Halske bauten derartige Maschinen in verschiedenen Größen mit entsprechend verschiedener Leistungsfähigkeit. Die Abbildung Figur 23 entspricht dem mit W_2 bezeichneten Modell, ist 0·825 Meter lang, 0·720 Meter breit und 0·820 Meter hoch; mit ihr können betrieben werden 12—20 Lichter zu 150 Normalkerzen, oder 8—15 Lichter zu 350 Normalkerzen, oder endlich 4—6 Lichter zu 1200 Normalkerzen. Für mittlere Lichter beträgt hierbei der Kraftaufwand 8—12, für starke Lichter bis 12 Pferdekräfte.

Neue Siemens'sche dynamo-elektrische Maschine für continuirlichen Strom.

Die neue dynamo-elektrische Maschine hat beinahe das gleiche äußere Aussehen wie die Wechselstrom-Maschine,

*) Diese Beschreibung, sowie die der nachfolgenden Maschine ist einem Vortrage entlehnt, den v. Hefner-Alteneck im elektro-technischen Vereine zu Berlin im April 1881 gehalten hat.

weshalb auch von deren Abbildung Umgang genommen wurde. Sie unterscheidet sich aber zunächst wesentlich dadurch von derselben, daß nicht gleich viel magnetische Felder wie Spulen vorhanden sind. Die Zahlen können zwar mannigfach verändert werden, aber im folgenden sei angenommen, die Maschine besitze 10 magnetische Felder und 8 Spulen, wie auch in dem Schema Figur 26 angedeutet ist.

Da die magnetischen Felder in anderem Abstande von einander stehen wie die rotirenden Spulen, so kommen von den 8 Spulen immer nur zwei einander gegenüberliegende gleichzeitig gänzlich in die betreffenden magnetischen Felder zu liegen, während zur selben Zeit die übrigen Spulen noch einen größeren oder kleineren Abstand von den ihnen gerade am nächsten liegenden magnetischen Feldern haben.

Die Maxima der Stromimpulse treten also bei der Drehung der Spulenscheibe in den verschiedenen Spulen nicht mehr, wie bei der eben beschriebenen Wechselstrom-Maschine, gleichzeitig in sämmtlichen Spulen ein, sondern in auf einander folgenden Spulen, in nach einander folgenden Zeiten.

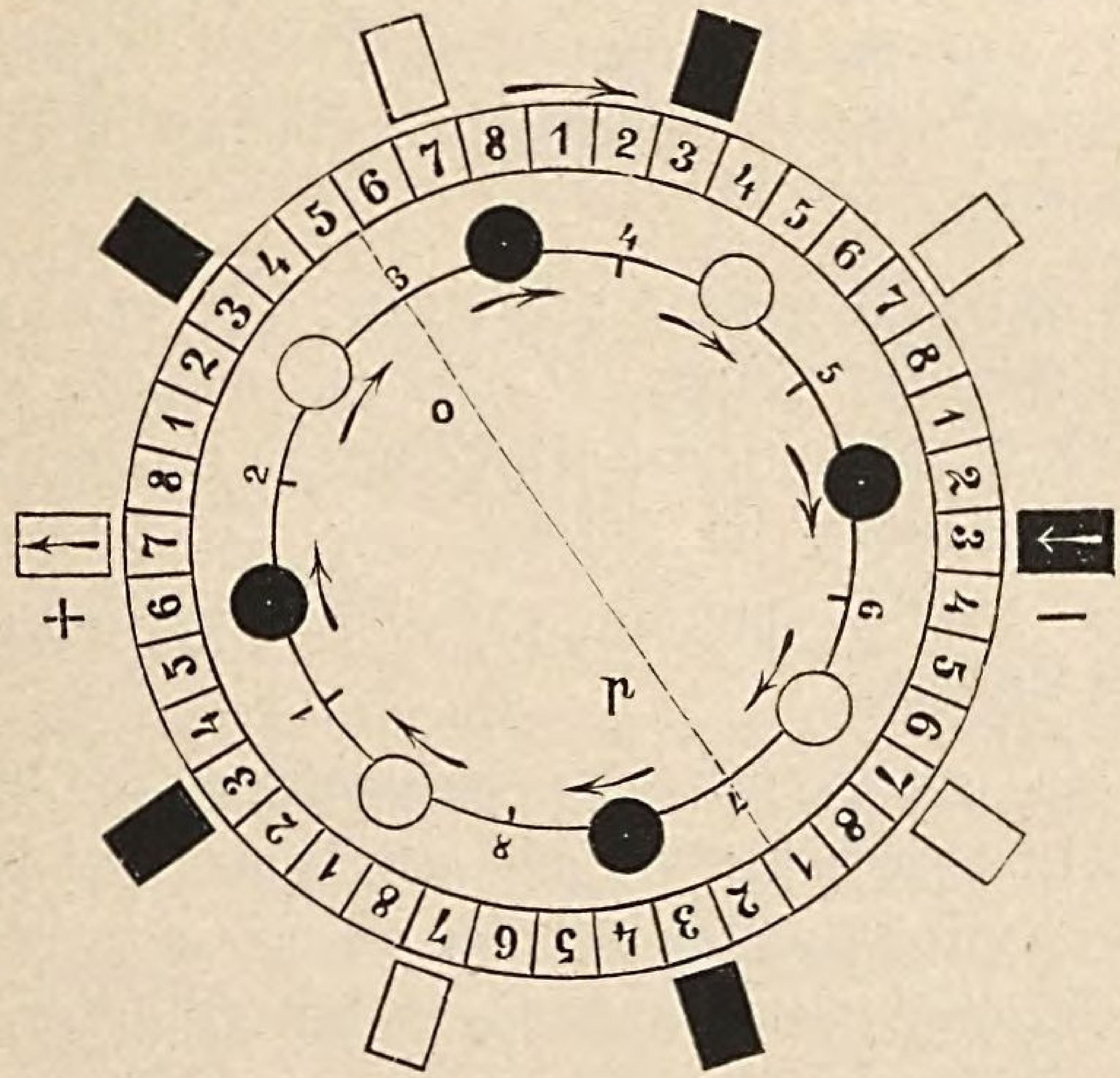
Es handelt sich nun darum, alle diese Stromimpulse zu einem continuirlich verlaufenden, elektrischen Strome zu sammeln, und zwar derartig, daß niemals eine Gegeneinanderwirkung und Aufhebung einzelner Stromimpulse stattfindet.

Die Enden der Spulenwicklungen sind zu diesem Behufe derart mit einander verbunden, daß der auf allen Spulen befindliche Draht einen continuirlichen, in sich selbst geschlossenen Ring bildet, und daß man beim Verfolgen dieses ganzen Ringes jede Spule in einem anderen Sinne als die vorhergehende umkreisen würde. Demnach addiren sich also die Stromimpulse, welche in zwei auf einander

folgenden Spulen entstehen, sobald sich dieselben gleichzeitig den entsprechenden, benachbarten magnetischen Feldern, die bekanntlich verschiedene Polarität haben, nähern. Wir erkennen dies bereits aus den betreffenden Farben (schwarz und weiß) in dem Schema Figur 26.

Die Achse der Maschine trägt einen Commutator-

Fig. 26.



cylinder, welcher an und für sich ähnlich construirt ist, wie derjenige bei der früher besprochenen dynamo-elektrischen Maschine, und welcher im vorliegenden Falle 40 von einander und von der Achse isolirte Theile trägt. Die Commutatortheile sind in 8 Gruppen so unter einander verbunden, daß jede Gruppe 5 Commutatortheile umfaßt, die je um 7 dazwischen liegende Commutatortheile von einander entfernt sind. (Diese Verbindungen sind ausgeführt durch 8 isolirt auf die Achse aufgestellte metallene Ringe, von welchen je

5 sternartig ausgehende Drähte zu den Commutatortheilen der betreffenden Gruppe führen.) Von den Uebergangsdrähten zwischen je zwei aufeinander folgenden Spulen geht ein Verbindungsdraht an je eine Gruppe von Commutatortheilen, und zwar so, daß die aufeinander folgenden Uebergangsdrähte auch mit aufeinander folgenden Theilen des Commutators in Verbindung stehen.

Die Stromabführung findet statt an zwei einander diametral gegenüberliegenden Stellen des Commutator-Cylinders, an welchen Schleiffedern, Bürsten oder Drahtbündel schleifen.

Die Wirkungsweise der Maschine läßt sich leicht mit Hilfe des Schemas Figur 26 erklären, welches, wie das vorige Schema, die einzelnen Theile nur in richtiger Winkelstellung zu einander, im übrigen aber, des besseren Verständnisses wegen, gänzlich aus ihrer wirklichen Lage verschoben andeutet.

Außer den Spulen und magnetischen Feldern sind in demselben dargestellt: der mit den Spulen auf derselben Achse sitzende Commutator-Cylinder mit seinen von einander isolirten Metallscheiben durch die in den mittleren Kreisen liegenden Felder mit den Bezeichnungen 1 bis 8 u. s. f.; die feststehenden, an dem Commutator schleifenden Federn durch die Linien + und —, die Verbindungsdrähte zwischen den Umwicklungen der einzelnen Spulen durch die dazwischen gezogenen Linien 1 bis 8.

Die vorbeschriebenen Verbindungen zwischen den Spulen und dem Commutator-Cylinder sind, um die Figur nicht zu verwickeln, weggelassen; dieselben sind derart ausgeführt zu denken, daß jeder der Uebergangsdrähte 1 bis 8 in leitender Verbindung steht mit jedem gleichbezeichneten

Commutatortheile. Die Zahlen 1 bis 8 kommen in den Commutatortheilen je 5 Mal vor.

Denkt man sich nun die Spulen mit dem Commutator-Cylinder beispielsweise im Sinne des Uhrzeigers gedreht, so mag man die augenblickliche Stellung der Spulen mit dem Commutator-Cylinder zu den magnetischen Feldern annehmen wie man will, man wird stets eine durch den Mittelpunkt gehende Linie finden können, welche die Figur in zwei Hälften theilt, so zwar, daß in der einen Hälfte nur bezüglich gleichfarbige Spulen und Felder sich nähern, in der anderen ungleichfarbige. Für die in der Figur gezeichnete Stellung der Spulen ist diese Linie punktirt gezeichnet. Dieselbe geht durch die Uebergangsstellen o und p. Alle Spulen der einen Hälfte treiben demnach den positiven Strom im Sinne der Drehung, alle Spulen der anderen Hälfte im entgegengesetzten Sinne weiter; es wird also aus beiden Hälften dem Punkte 7 positive, dem Punkte 3 negative Elektricität zugeführt, und es muß demnach in dem einen eine Anhäufung von positiver, in dem anderen von negativer Elektricität stattfinden. Man findet aber ferner, daß in der gezeichneten Stellung die Commutatortheile 7 und 3 (mit welchen, wie vorbeschrieben ist, die Uebergangspunkte 7 und 3 bezüglich verbunden sind), auf der einen und anderen Seite unter den Schleiffedern stehen; diese führen also einen elektrischen Strom ab in die sie mit einander verbindende äußere Leitung.

Auch für jede andere Stellung der rotirenden Theile wird man finden, daß stets die erwähnte imaginäre Halbirungslinie durch diejenigen beiden Punkte des inneren Schließungskreises geht, die mit den Commutatortheilen, auf welchen im gleichen Momente die betreffenden Schleiffedern stehen, in Verbindung sind. Daraus folgt, daß von

der + Feder stets positive, von der — Feder stets negative Elektricität in continuirlichem Strome abgeführt wird.*)

Diese Maschine hat mit den bisherigen Maschinen das gemein, daß der elektrische Strom in zwei Hälften in parallel geschalteten Zweigen entsteht. Während aber bei den ersteren die beiden Stromzweige in ihrer absoluten Lage fest stehen bleiben, rotiren sie bei der neuen Maschine, und zwar in entgegengesetzter Richtung und sehr viel rascher, wie die Maschinenachse selbst; trotzdem bleiben, vermöge der eigenthümlichen Zahl und Untereinanderschaltung der Commutatortheile, die Enden der beiden Zweige stets mit den ruhenden Commutatorbürsten in entsprechender Verbindung.

Selbstverständlich können die Zahlen der Spulen und magnetischen Felder (unter der Voraussetzung, daß diese immer in verschiedener Zahl vorhanden sind) vielfach verändert werden. Man kann z. B. auch unter Beibehaltung der Zahl der magnetischen Felder die der Spulen vervielfachen, beispielsweise verdoppeln. Eine solche Verdopplung der Spulen bietet den besonderen Vortheil, daß wegen ihrer constanten Rückwirkung auf die Elektro-Magnetpole die Wirkung der Maschine besser und ihr Gang ruhiger wird, und daß die Funken am mehrtheiligen Commutator gering werden. Es werden dabei die Spulen in zwei Ebenen aneinander liegend derart angeordnet, daß sie sich gegenseitig zur Hälfte überdecken.

Die eben beschriebene neue Maschine kann als eine Umänderung der Siemens & Halske'schen Wechselstrom-

*) Wer diese Vorgänge eingehender untersuchen will, thut am besten, die Symbole der magnetischen Felder und der Schleifbürsten auf ein besonderes Papier zu zeichnen, die von ihnen eingeschlossene Kreisscheibe auszuschneiden und den übrigen Theil der Figur in verschiedenen Stellungen unter die Oeffnung zu bringen.

Maschine betrachtet werden, und hat darum mit dieser gewisse Vorzüge gemeinsam. Die Elektro-Magnetpole, welche die magnetischen Felder bilden, werden beiderseits direct durch den in den Umwindungen der Elektro-Magnete circulirenden, continuirlichen Strom erregt, während bei den bisherigen Maschinen für continuirlichen Strom der eine Pol, und zwar gerade der für die Wirkungen werthvollere, durch magnetische Induction, also in abgeschwächter Stärke, magnetisch wird. Dies bedingt, daß der für den Nutzeffect schädliche Widerstand der Elektro-Magnetumwindungen besser ausgenützt wird, als bei den anderen Maschinen. Die rotirenden Spulen enthalten kein Eisen, und es findet überhaupt in der ganzen Maschine kein magnetischer Polwechsel oder Polverschiebung statt. Ein solcher ist stets mit Kraftverlust verbunden, welcher durch Erwärmung des Eisens, in dem er stattfindet, sich äußert. Er wird wohl verringert, wenn man die betreffenden Eisentheile nicht massiv, sondern mit vielen Einschnitten versehen oder aus einzelnen Blechen oder Drähten herstellt.

Auch ist bei der jetzt gebräuchlichsten Gramme'schen oder Siemens'schen Maschine die Erwärmung des Eisens deshalb noch erträglich, weil bei einer Umdrehung nur zweimaliger Polwechsel stattfindet. Würde man aber beispielsweise durch die vielen magnetischen Felder der eben beschriebenen Maschine einen Eisenring oder gar einzelne Eisenstücke rotiren lassen (wie bei der »Alliance«- oder Wilde'schen Maschine), so würde die Erhitzung des Eisens sehr bedeutend, die Leistungsfähigkeit der Maschine viel kleiner und der relative Arbeitsverbrauch ein sehr viel höherer sein.

Ein weiterer Vorzug besteht in der einfachen Art der Wicklung und der Möglichkeit, die Isolation der Spulenumwindungen von den Metalltheilen der Maschine sehr

sicher herzustellen. Während auf die Inductions-Cylinder der bisherigen dynamo-elektrischen Maschinen der isolirte Draht mit der Hand aufgewickelt und jede einzelne Lage sorgfältig geordnet werden muß, wobei schon einige Geschicklichkeit dazu gehört, um die Bespinnung dabei nicht zu beschädigen, so werden die Spulen der in Rede stehenden Maschine einfach auf eine Drehbank gewickelt, und sie sind durch eingelegte Holzbrettchen gegen Berührung mit den Metalltheilen der Maschine geschützt.

Die Erwärmung der Maschine ist im Verhältnisse zur Stromstärke, welche sie ohne Gefahr liefern kann, sehr gering, weil eben kein sich erwärmendes Eisen vorhanden ist und weil ferner eine vorzügliche Abkühlung stattfindet, welche die Spulen durch die überall von außen und innen sie umstreichende Luft erfahren.

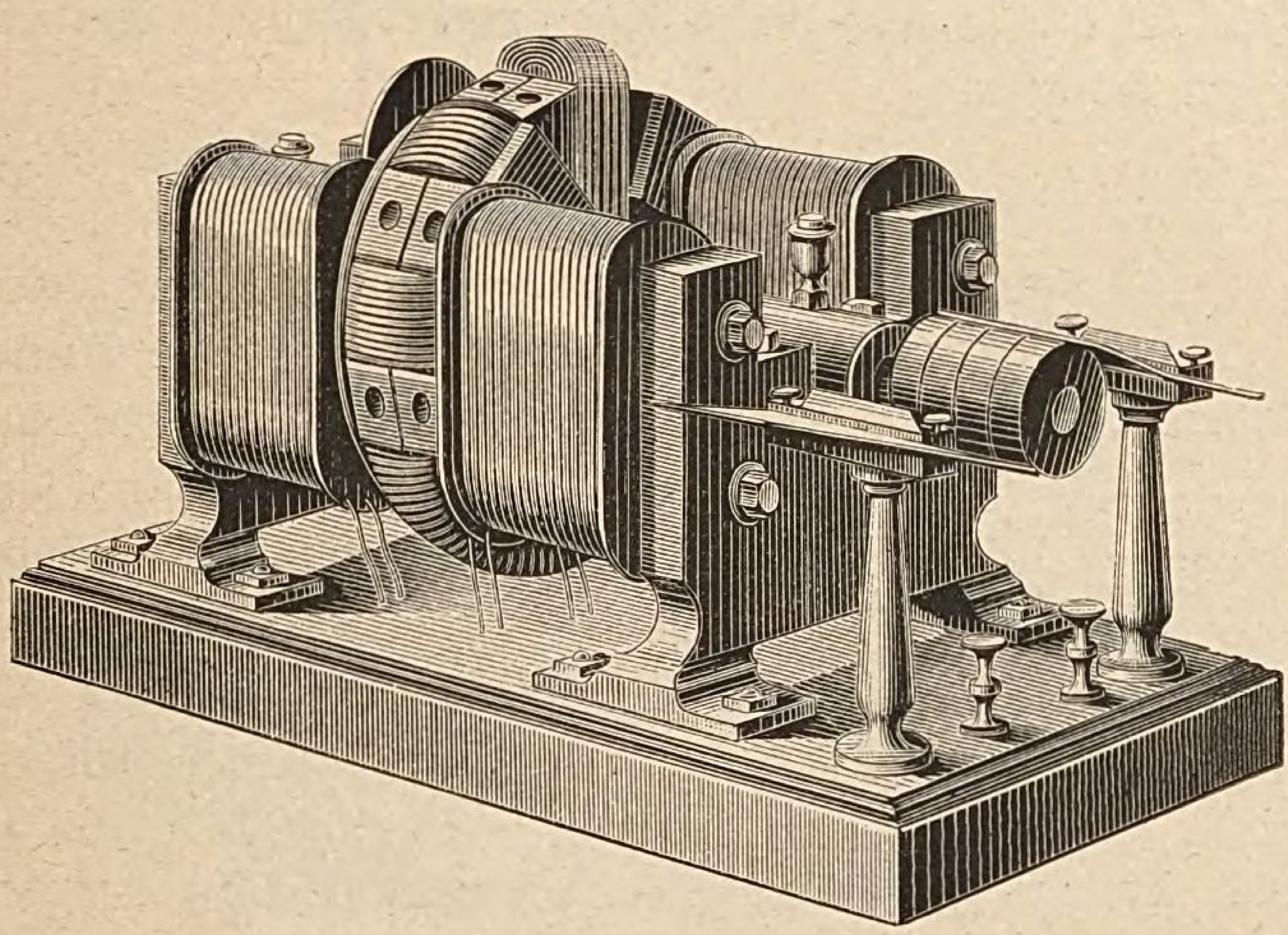
Der beste Beleg für das Vorhandensein dieser Thatsachen ist der Umstand, daß unter den ungefähr 600 Wechselstrom-Maschinen, welche die Firma Siemens & Halske bisher für den praktischen Betrieb geliefert hat, noch kein Isolationsfehler in den rotirenden Spulen, geschweige denn eine Ueberhitzung der Umspinnung vorgekommen ist.

Maschine von Brush.

Zwei Elektro-Magnete sind auf ihre hohen Kanten so aufgestellt, daß sie sich ihre gleichnamigen Pole zukehren (Figur 27). In den hierdurch gebildeten magnetischen Feldern rotirt ein flacher Inductionsring; derselbe ist in 16 Theile getheilt, von denen 8 mit Draht bewickelt sind, während die dazwischen liegenden übrigen 8 Theile aus Eisenkeilen gebildet werden. Die Anordnung ist also ganz dieselbe wie beim Pacinotti'schen Ringe. Die Eisenkeile sind

durchbrochen, um bei der Rotation eine constante Luft-circulation zum Zwecke der Abkühlung zu erzielen. Dieser Zweck wird in der That erreicht, aber die Maschine macht während ihrer Thätigkeit auch ein ziemlich bedeutendes Geräusch. Die einander gegenüberliegenden Drahtspulen sind zu je zwei mit einander verbunden, wie dies das Schema in Figur 28 zeigt.

Fig. 27.

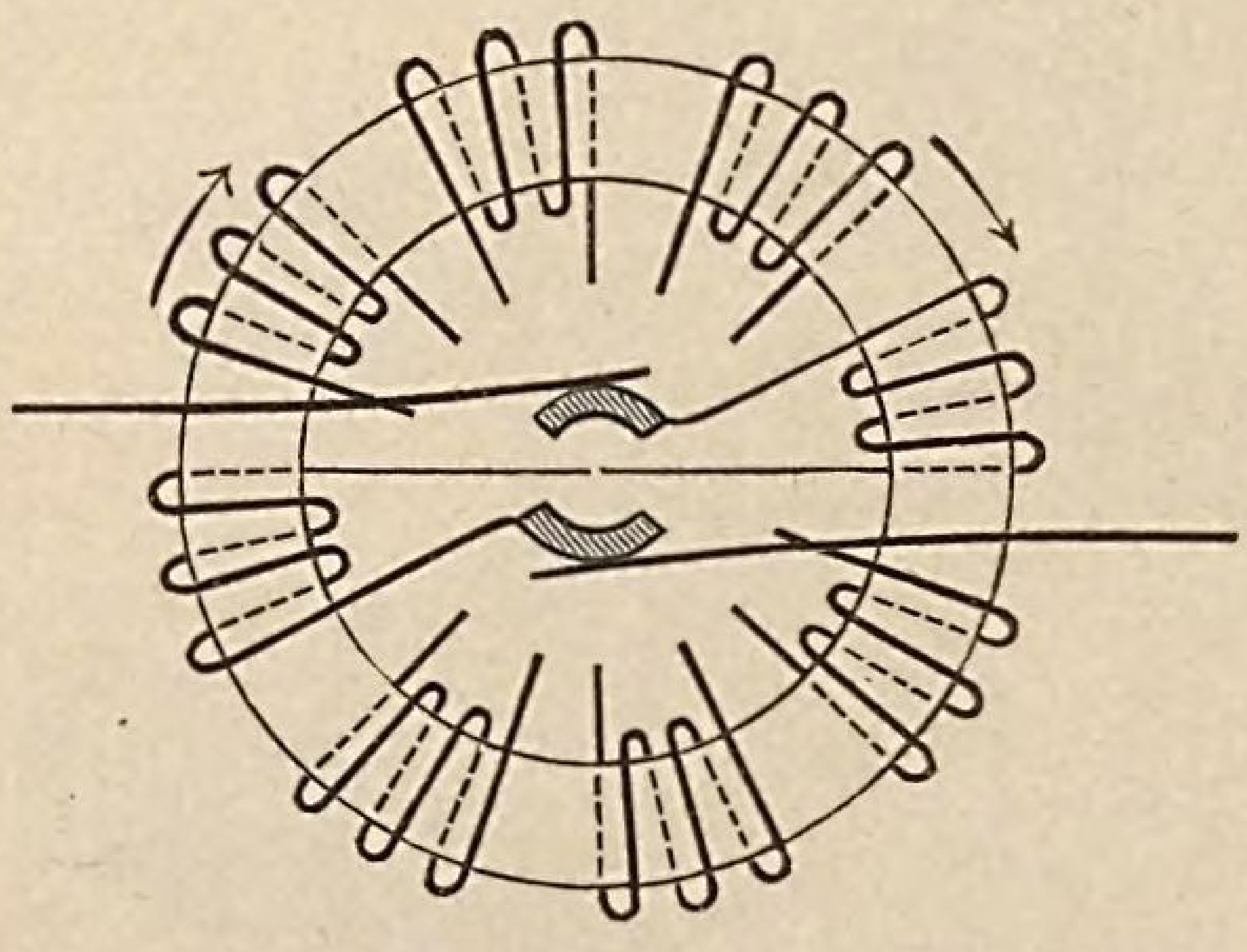


Die Verbindung ist der Deutlichkeit wegen nur für ein Spulenpaar durchgeführt. Die zwei freien Enden dieses Spulenpaares führen durch Vermittlung von Schleiffedern zu einem Commutator. Da die Maschine 4 Spulenpaare besitzt, so muß sie auch bei der angegebenen Verbindungsweise 4 Commutatoren besitzen und dem entsprechend 4 getrennte Stromkreise geben. Durch passende Verbindung können dieselben aber auch zu einem oder zwei Stromkreisen vereinigt werden. Die Elektro-Magnete sind in die Draht-

windungen des Ringes eingeschaltet und somit ist das dynamische Princip in Anwendung gebracht.

Ein große Maschine für 40 Lichter macht 650 bis 700 Touren per Minute und braucht dazu einen Motor von 35—37 Pferdekräften. Der innere Widerstand beträgt 23 Ohms, die elektro-motorische Kraft 2200 Volts und die Stromstärke 10—12 Weber. Die Lichtstärke wird für den günstigsten Strahlungswinkel zu 2000 Normalkerzen angegeben, dürfte aber thatsächlich nur 1000—1200 Normalkerzen betragen.

Fig. 28.



Brush's Maschine für Einzellichter ist äußerlich ebenso gebaut, jedoch sind die Drahtwicklungen etwas anders angeordnet. Der innere Widerstand beträgt bei dieser Maschine 0·05 Ohms, die elektro-motorische Kraft 100 Volts bei 675 Touren, die Stromstärke 250 Webers. Sie erfordert einen Kraftaufwand von 30—32 Pferdekräften.

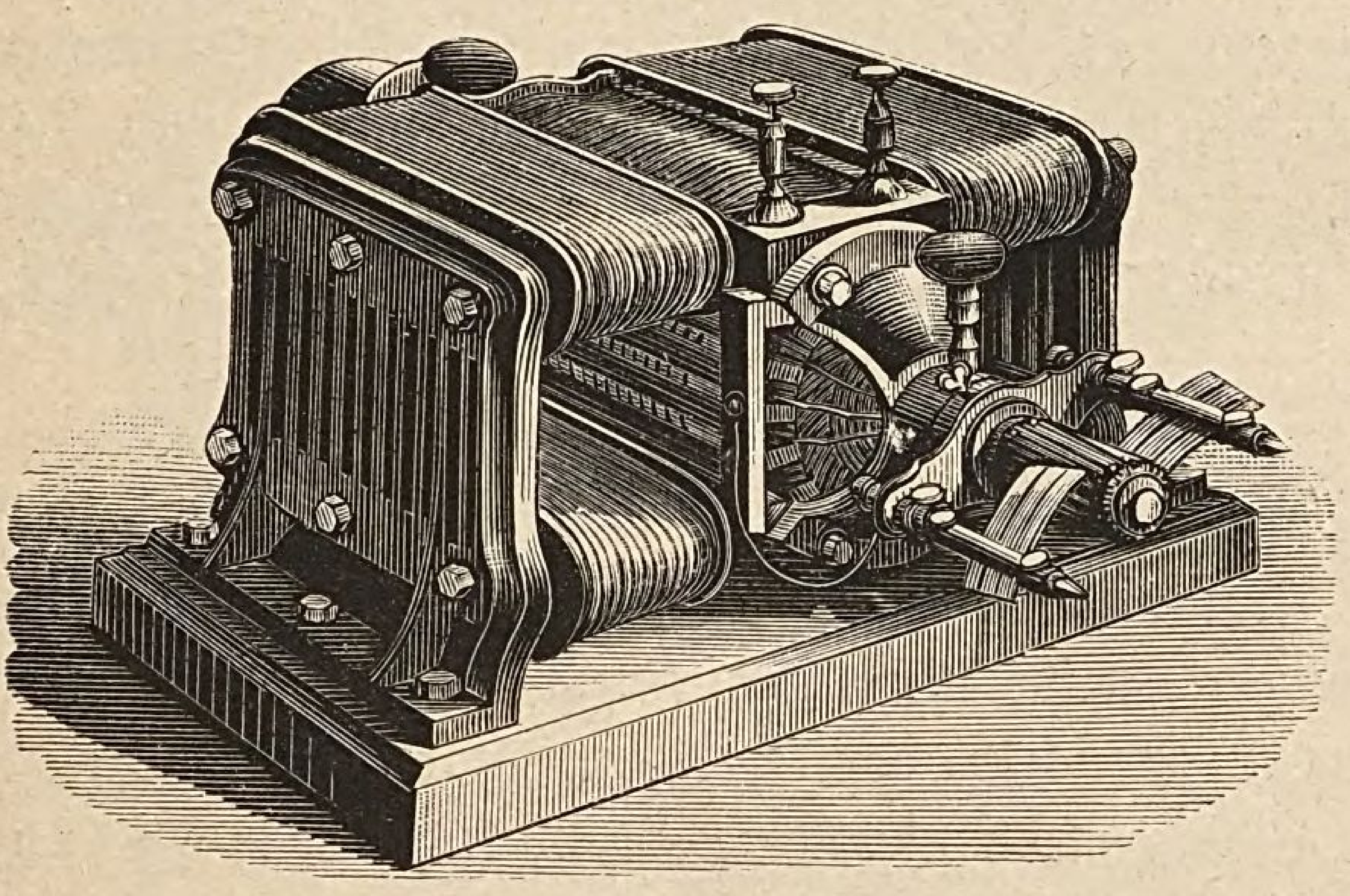
Die Maschinen von Brush sind in Amerika ziemlich stark verbreitet und haben sich in neuerer Zeit auch in England Eingang verschafft.

Maschine von Weston.

Trotz der äußeren Aehnlichkeit dieser in Figur 29 abgebildeten Maschine mit der Cylinder-Maschine von Siemens & Halske hat sie doch einige bemerkenswerthe

Details ihrer Construction aufzuweisen. So ist zunächst der Eisenkern des Cylinder-Inductors folgendermaßen gebildet: 36 dünne Eisenscheiben sind an ihrem kreisförmigen Umfange so ausgeschnitten, daß sie die Form 16zähniger Räder erhalten; dieselben werden dann auf die Rotationsachse mit Einschaltung kleiner Zwischenstücke nebeneinander aufgesetzt, und zwar mit den Ecken ihrer Zähne in geraden, zur Rotationsachse parallelen Linien. Dadurch bleibt also zwischen je zwei Scheiben ein Zwischenraum, in welchem

Fig. 29.



die Luft circuliren kann. An der Oberfläche des auf diese Art gebildeten Cylinders verlaufen aber parallel zu dessen Achse 16 Rinnen von viereckigem Querschnitte. In diese werden nun die Drahtwindungen gelegt, untereinander und mit dem Stromsammler so verbunden, wie bei der Siemens-Maschine. Die Sectoren des Stromsammlers sind jedoch nicht in zur Achse parallelen, sondern in spiraligen Streifen angeordnet, die von einander durch Luftschichten isolirt sind. Diese Form hat den Zweck, daß die Contactfedern gleichzeitig

immer mehrere Sectoren berühren und dadurch die Stromableitung zu einer gleichmäßigeren machen.

Die Elektro-Magnete bestehen aus einzelnen gußeisernen Stäben, die an den beiden verticalen, vielfach durchbrochenen Ständern in horizontaler Lage befestigt sind. Die einander zugekehrten Stabenden sind durch schmiedeeiserne Bögen verbunden, mit Ausnahme der beiden äußersten Paare; diese tragen statt der Bögen ellipsoidisch gestaltete Eisenstücke, da nach Weston's Angabe dies die Regelmäßigkeit der Stromerzeugung begünstigen soll.

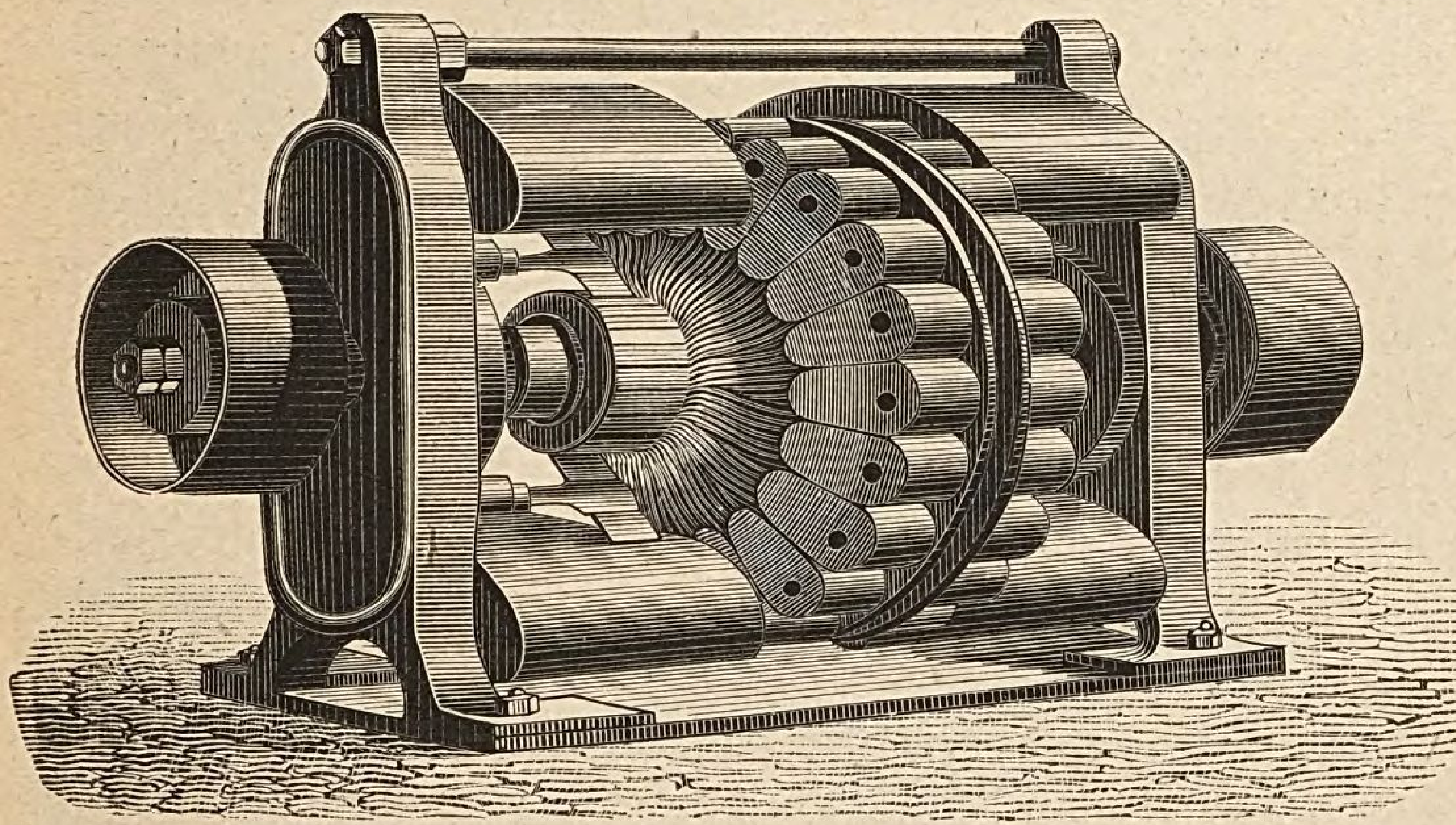
Der eigenthümlich geformte Eisenkern, die Zwischenräume zwischen den Magnetstäben und die durchbrochenen Ständer geben eine vorzügliche Ventilation und die Erwärmung einzelner Theile der Maschine ist dadurch nahezu ganz ausgeschlossen.

Maschine von Wallace-Farmer.

Auch diese in Figur 30 abgebildete Maschine bietet wie die vorhergehende nichts wesentlich Neues oder Bemerkenswerthes. Zwischen den kreissegmentartigen Polen zweier Elektro-Magnete rotirt eine Doppelscheibe mit je 25 von einander getrennten Spulen. Jede Spule besteht wieder aus 4 Drahtrollen, die der Reihe nach hintereinander verbunden sind. Die Drahtenden der Spulen führen zu Löthstellen, von welchen rechtwinkelig gebogene Kupferstreifen ausgehen, die zum Stromsammler führen. Eines Commutators bedarf die Maschine nicht, da die Verbindung der einzelnen Spulen wie bei der Gramme'schen Maschine durchgeführt ist. Die Maschine giebt zwei getrennte Kreise von gleichgerichteten Strömen, oder, wenn diese entsprechend verbunden werden, einen Stromkreis. Um das dynamische

Princip zur Geltung zu bringen, werden die Ströme vom Stromsammler zu den Elektro-Magneten geleitet. Die Spulen sind alle durchbrochen, um während der Rotation Luftströmungen einzuleiten. Dessen ungeachtet erhitzt sich die Maschine bei einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 800 Touren per Minute doch bis zum Schmelzpunkte des Siegellacks.

Fig. 30.



Außerdem wird, um die Reibung der Spulen an der Luft zu überwinden, ein nicht unbedeutender Kraftaufwand erfordert, der bis zu 8 Pferdekräften steigt.

Die Maschine kam dadurch in Ruf, daß Edison bei seinen ersten Versuchen sich ihrer bediente und ihre Ergiebigkeit an elektrischen Strömen rühmte.

Dynamo-elektrische Maschine von Gülcher.

Gülcher mußte der Construction und Schaltungsweise seiner Lampen (siehe daselbst) entsprechend eine Lichtmaschine construiren, die im Stande ist, einen Strom von

geringer Spannung, aber großer Stromstärke zu liefern. Daß ihm dies in vorzüglicher Weise gelungen ist, zeigen die mit seiner Maschine vorgenommenen Messungen.

Wie in Capitel II bei den Anforderungen, die im Allgemeinen an eine Lichtmaschine gestellt werden müssen, erwähnt wurde, hängt die Art und Größe der Leistung einer Maschine im gegebenen Stromkreise wesentlich von deren innerem Widerstande ab. Da nun Gülcher für seine Lampen keine Intensitäts- (Spannungs-), sondern Quantitätsströme braucht, mußte er den inneren Widerstand seiner Maschine so weit als möglich zu verringern trachten. In der That beträgt derselbe bei der mit Nr. 2b bezeichneten Maschine nur 0·136 Ohms für den Ring und 0·129 Ohms für die Elektro-Magnete, also zusammen 0·265 Ohms, während der Widerstand bei den Siemens'schen Maschinen 0·7 bis 0·75 und bei den Gramme'schen 1·0 Ohms ausmacht. Der äußere Widerstand der Maschine ist dadurch auf ein Minimum reducirt, daß die vier Elektro-Magnetpaare (Fig. 31) nebeneinander geschaltet sind.

Die Elektro-Magnete haben eine flache Form und sind mit Drahtseilen, weil dicke Kupferdrähte sich nicht gut aufwickeln lassen, isolirt umwunden. Die gleichnamigen, einander gegenüber stehenden Polenden sind durch ⊓förmige Polschuhe verbunden, welche den zwischen den Magnetpolen rotirenden Ring derart umgeben, daß auch dessen Peripherie einer kräftigen Inductionswirkung unterliegt. Um den aufgewickelten Draht möglichst auszunützen und Erwärmung hintanzuhalten, ist der Querschnitt des Ringes keilförmig gestaltet. Außerdem findet noch eine mechanische Abkühlung der Drahtbewicklung des Ringes statt, indem dieser dem Pacinotti'schen Ringe ähnlich bewickelt ist und die hierdurch entstehenden Kammern in Verbindung mit den sie umgebenden

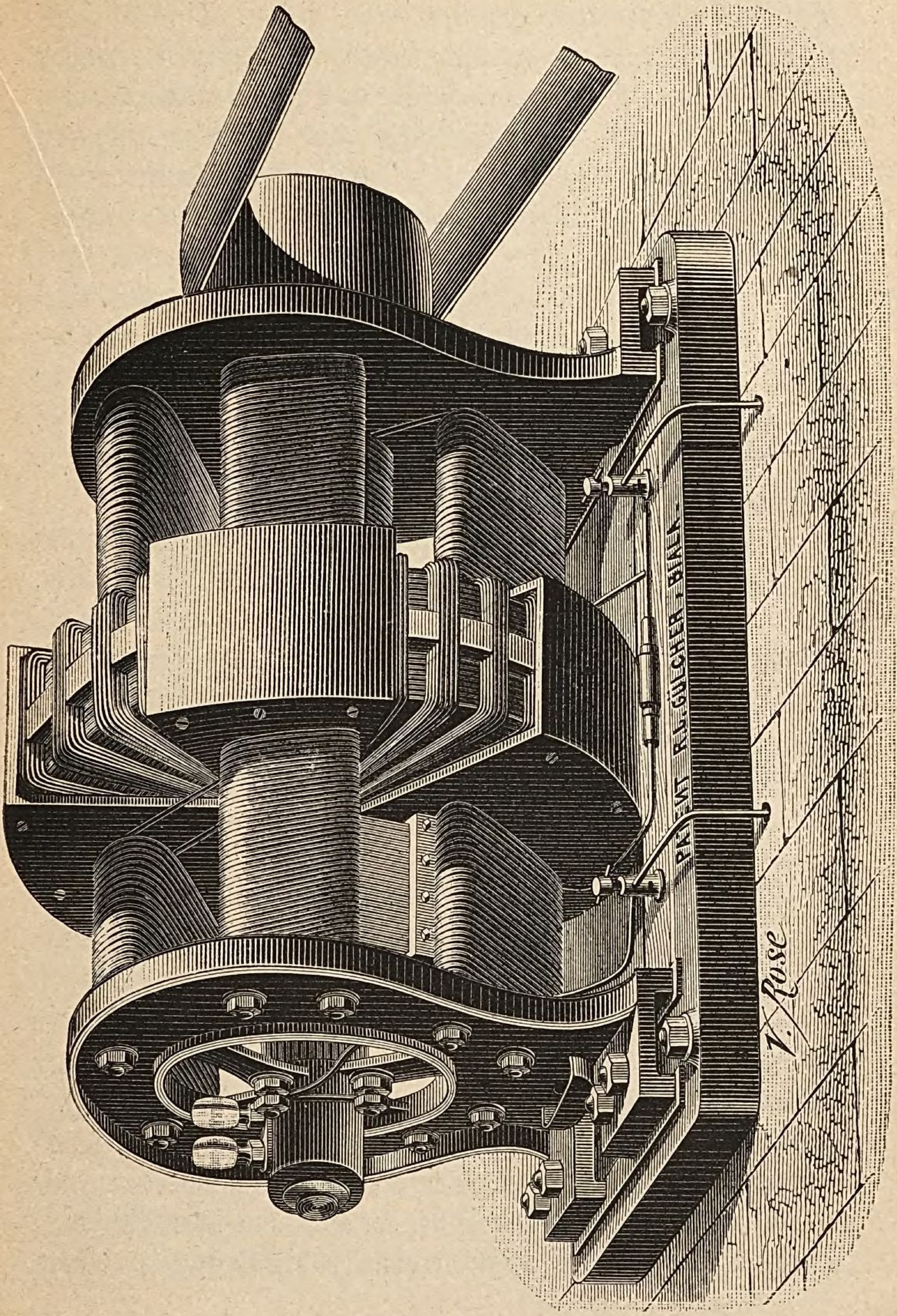


Fig. 31.

Polschuhen einen kräftigen Ventilator bilden. Die Polschuhe sind abwechselnd nord- und südmagnetisch und erzeugen daher 4 magnetische Felder. In Folge der früher angegebenen Anordnung des Ringes erhält dieser auch 4 Ströme inducirt, die durch Parallelschaltung der betreffenden Bürsten quantitativ zu einem einzigen Strome vereinigt sind. Der innere Widerstand der Maschine wird dadurch auf den vierten Theil des Widerstandes sämmtlicher Drahtwindungen des Inductionsringes reducirt. Die Breite des Commutators und der Bürsten beträgt 160 Millimeter, eine sehr vortheilhafte Breite, um die Funkenbildung fast gänzlich zu vermeiden. Der Commutator kann überdies auch ausgewechselt werden, was einen weiteren Vorzug der Maschine bildet.

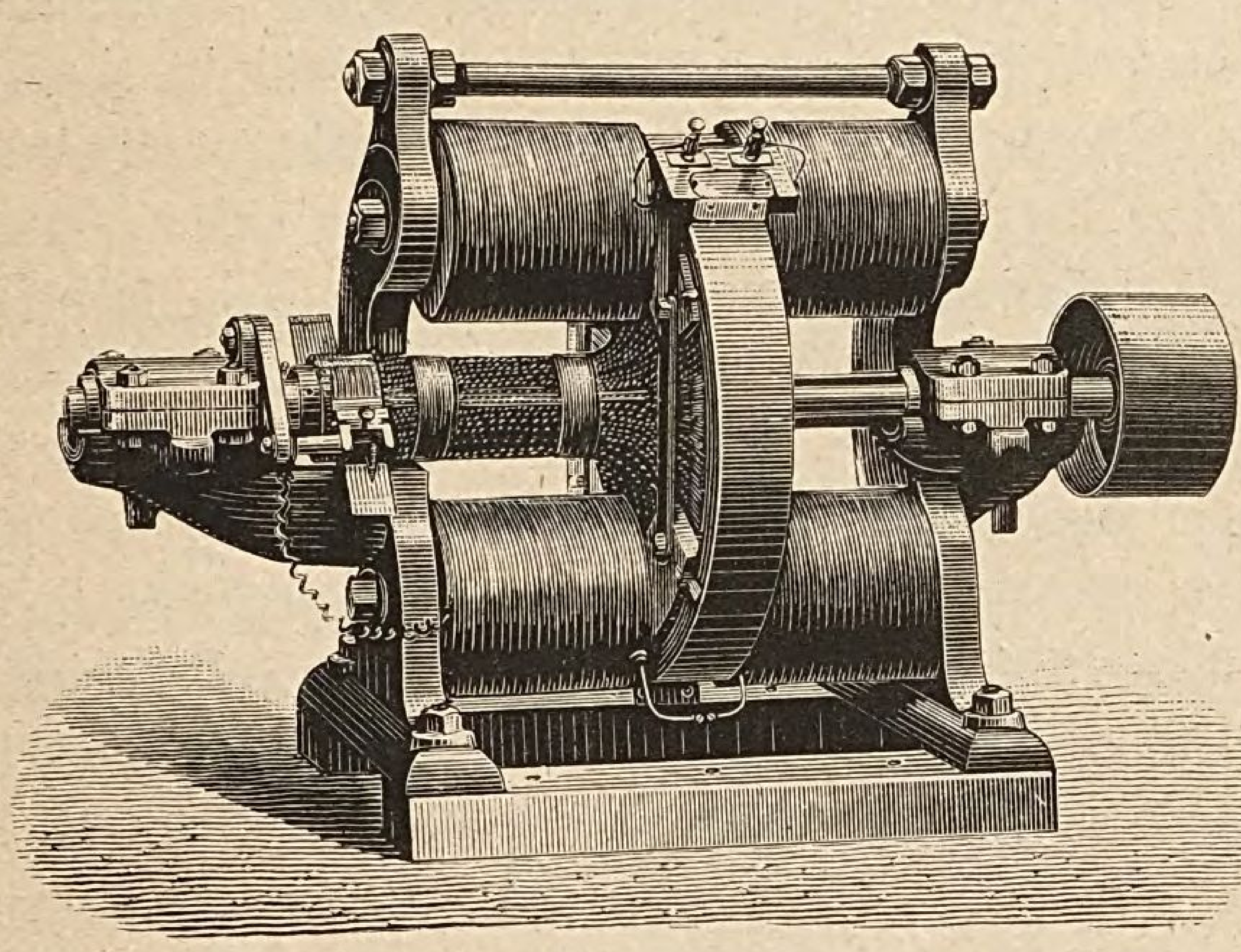
Die gesammte Stromstärke der Maschine beträgt 90 Ampères und die elektro-motorische Kraft 81 Volts. Bei 640 Touren per Minute speist sie 6 große Hängelampen, deren jede eine Lichtstärke von 1300 Normalkerzen besitzt. Dazu ist ein Kraftaufwand von 10 Pferdekräften, also 1·5 Pferdekräfte pro Lampe erforderlich, oder anders ausgedrückt: es kann durch eine Pferdekraft ein Licht von 760 Normalkerzen erzeugt werden, also gewiß ein sehr gutes Resultat.

Dynamo-elektrische Maschine von Schuckert.

Auch Schuckert änderte bei der Construction seiner Maschine den Gramme'schen Ring derart ab, daß eine bessere Ausnützung des Drahtes für die Induction möglich wird. Der Ring ist flach und so gestaltet, daß sein Querschnitt ein Oblong bildet. Seine Verbindung mit der Achse wird durch Metall, nicht wie bei der Gramme'schen Maschine durch Holz, bewerkstelligt, wodurch die Festigkeit erhöht

wird. Der Eisenkern besteht aus magnetisch von einander isolirten Blechscheiben, um ein möglichst rasches Annehmen und Abgeben des Magnetismus zu erreichen. Ueber diesem sind die einzelnen Spulen aufgewickelt, deren Enden wie beim Gramme'schen Ringe verbunden sind. Es muß der Stromsammler daher ebenso viele Theile haben, als der

Fig. 32.



Ring Spulen trägt. Die Verbindung der Drahtenden mit den Theilen des Stromsammlers ist jedoch nicht durch Löthung, sondern durch Verschraubung hergestellt. Es bringt dies den Vortheil mit sich, daß bei einem größeren Betriebe kein Reserveanker (=Ring) nöthig ist, da man jede einzelne Spule leicht auswechseln kann. Zu diesem Ende ist auch der Ring in die verticalen Ständer derart gelagert, daß man ihn ohne Schwierigkeit herausnehmen kann, wie dies Figur 32 zeigt. Lange Lager und gut angebrachte Schmiervorrichtungen tragen zum ruhigen und sicheren Gang der Maschine wesentlich bei. Die Strominduction wird durch

zwei Elektro-Magnete bewirkt, deren Schenkel horizontal befestigt sind und deren Verbindungen durch die verticalen Eisenständer der Maschine gebildet werden. Je zwei einander zugekehrte gleichnamige Magnetpole erzeugen ein nord- und ein südmagnetisches Feld, durch welche der Ring, möglichst nahe an die lappenförmigen Verbreiterungen der Pole herantretend, durchrotirt. Die Influenzirung erfolgt nicht am Umfange des Ringes, sondern an dessen beiden Seitenflächen. Zwischen je 2 Pollappen ungleicher Polarität ist ein erheblicher Zwischenraum gelassen, was ein möglichst vollständiges Polarisiren des Eisenringes einmal in der einen, dann in der zweiten Art möglich macht. Das Eisen braucht nämlich eine gewisse Zeit, um Magnetismus aufzunehmen und ebenso, um diesen zu verlieren. Sind nun zwei entgegengesetzte Pole sehr nahe aneinander, kommt also der Ring bei seiner Drehung sehr rasch von einem magnetischen Felde in das zweite magnetische Feld von entgegengesetzter Polarität, so hat das Eisen bei seinem Eintritte in das letztere noch nicht den Magnetismus, welchen es in ersterem Felde inducirt erhalten hat, ganz verloren. Der Magnetismus des zweiten Feldes wird daher zum Theile zur Vernichtung dieses im Eisen zurückgebliebenen entgegengesetzten Magnetismus verwendet, kann daher nicht mit seiner vollen Kraft inducirend wirken. Davon hängt aber wesentlich die Art der Stromerzeugung ab. Durch die größere Entfernung zweier einander entgegengesetzter Pole läßt eben Schuckert dem Eisenringe Zeit, den Magnetismus einer Polarität zu verlieren, bevor er eine Inductionswirkung erfährt, dessen Resultat die entgegengesetzte Polarität ist. Auf diese Art ist es auch möglich, die Contactfedern genau in der neutralen Linie einzustellen und so die lästige Funkenbildung am Stromsammler zu vermeiden. Letzterer kann übrigens geradeso

wie bei der zuletzt beschriebenen Maschine ausgewechselt werden.

Die Wirkungsweise der Maschine braucht nicht näher erörtert zu werden, da sie genau dieselbe ist, wie die der Gramme'schen Maschine, welche ihr als Modell gedient hat. Es mag nur noch erwähnt werden, daß das dynamische Princip derart durchgeführt ist, indem der im Ringe erzeugte Strom sowohl durch den äußeren Schließungskreis (z. B. durch die Lampen), als auch durch die Drahtwindungen der Elektro-Magnete geht.

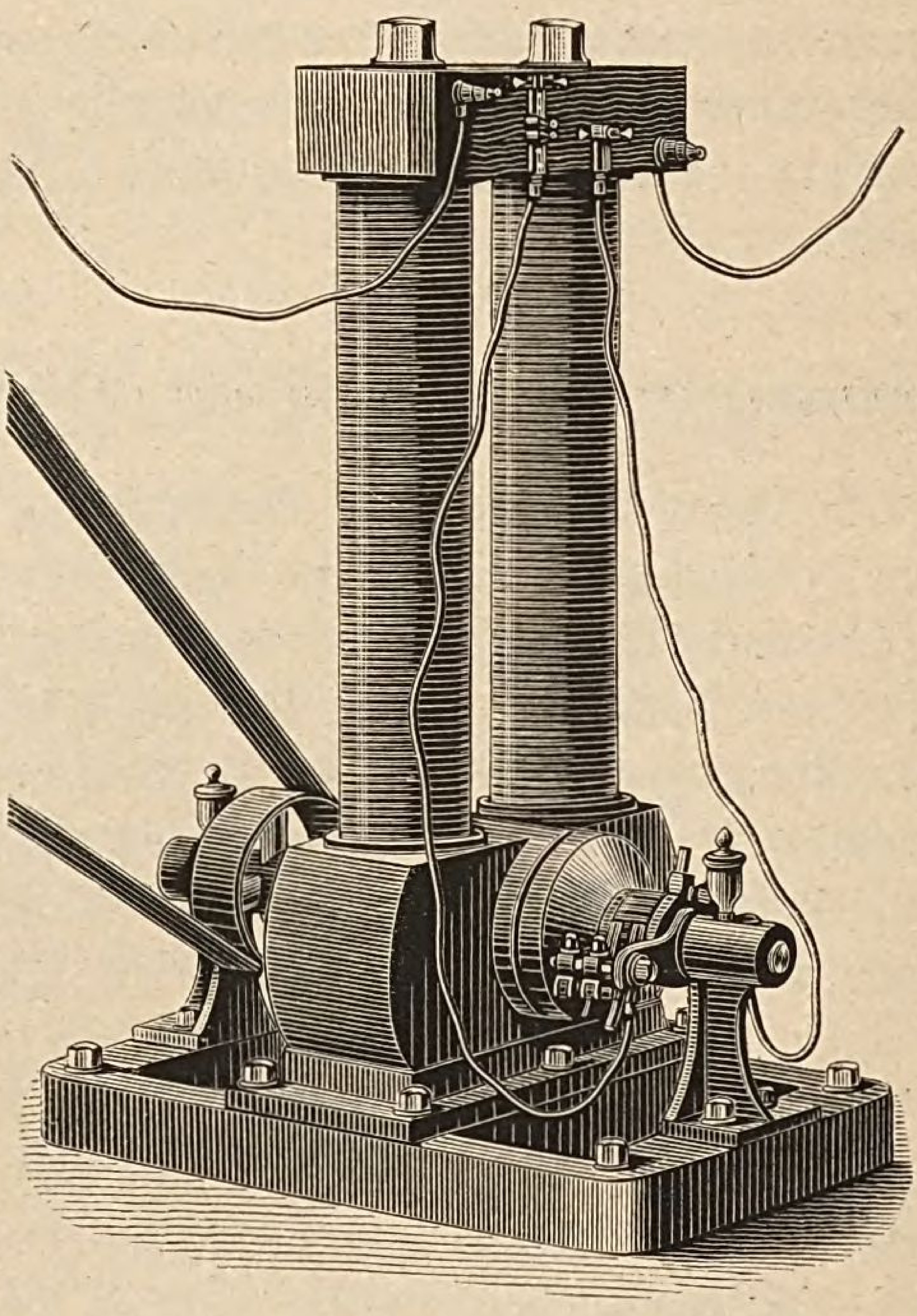
Dynamo-elektrische Maschine von Edison.

Diese in Figur 33 abgebildete Maschine hat in ihrer Construction nichts wesentlich Neues gegenüber anderen Maschinen aufzuweisen. Ein Siemens'scher Cylinder-Inductor mit Gramme'scher Verbindungsweise der Drahtenden rotirt zwischen den Polen eines vertical gestellten Hufeisenmagnetes mit cylindrischen Schenkeln. Die Drahtwindungen des Elektro-Magnetes sind in den Hauptstromkreis der Maschine eingeschaltet und so ist das dynamische Princip zur Anwendung gebracht.

Die großen Maschinen (Cap. V. Fig. 77), die Edison zur Beleuchtung von New-York anwendet, weichen in einigen Constructionsdetails von dieser Maschine einigermaßen ab. Die magnetischen Felder werden durch acht, beiläufig 2·4 Meter lange Elektro-Magnete gebildet, die horizontal befestigt und deren Drähte in den Hauptkreis der Maschine eingeschaltet sind. Die Armatur bildet ein, dem Principe nach, Siemens'scher Cylinder-Inductor mit Gramme'scher Verbindungsweise der Windungsenden. Die Windungen sind parallel zur Rotationsachse des Cylinders

angeordnet, aber nicht aus Drähten, sondern aus Kupferstreifen von trapezartigem Querschnitte hergestellt. Die Isolirung der einzelnen Streifen von einander wird durch eigens präparirtes Löschpapier bewerkstelligt. Auf der Achse

Fig. 33.



des Cylinders sind ebenso viele Kupferscheiben von einander und von der Achse isolirt befestigt, als Kupferstreifen auf dem Cylinder-Umfange angebracht sind.

Je zwei einander diametral gegenüber liegende Kupferstreifen sind mit ihren auf der einen Seite der Armatur liegenden Enden mit einer Kupferscheibe verbunden; das

auf der entgegengesetzten Seite der Armatur befindliche Ende des einen Streifens ist mit einer auf dieser Seite befindlichen Kupferscheibe verbunden, das Ende des zweiten Streifens mit einer zweiten Kupferscheibe. Von dieser geht dann eine Verbindung zum dritten Streifen, von hier zu einer Scheibe auf der gegenüberliegenden Seite der Armatur; diese Scheibe ist dann mit dem dem dritten Streifen diametral gegenüberliegenden Streifen verbunden u. s. w., so daß also alle Kupferstreifen-Scheiben und Verbindungen zusammen eine ununterbrochene Reihe von Windungen um den Cylinder bilden.

Durch diese Anordnung ist der Widerstand der Armatur und speciell derjenige der unthätigen Partien an den Stirnseiten des Cylinders auf ein Minimum gebracht und die Verbindung der einzelnen Windungen ohne Complication von Drähten erreicht. Die Streifen sind beiläufig 1·05 Meter lang und von dieser Länge befinden sich etwa 1 Meter unter directer magnetischer Einwirkung.

Der Commutator, nach Gramme'schem Muster gebildet, besteht aus so vielen Kupfersectoren, als Streifen auf dem Cylinderumfange angebracht sind; zur Ableitung der Ströme dienen Bürsten, die auf dem Commutator schleifen. Die Stellung derselben kann durch Regulirstangen, welche durch Schrauben ohne Ende und Zahnräder bewegt werden, stets dem momentanen Stromerfordernisse angepaßt werden. Der Commutator ist 225 Millimeter lang und jede der beiden Bürsten besteht aus acht getrennten Kupferstreifen.

Die Maschine hat eine elektro-motorische Kraft von 103 Volts bei einer Rotationsgeschwindigkeit von 350 Touren per Minute. Dazu erfordert sie einen Motor von 125 Pferdekräften und ist dann im Stande, 2000 Halblichter oder 1000 ganze Lichter zu erzeugen.

Sämmtliche im Obigen besprochenen, sowie auch die wegen ihrer geringen Wichtigkeit für die Praxis übergangenen Lichtmaschinen lassen sich in zwei Gruppen zusammenfassen: 1. magneto-elektrische Maschinen, 2. dynamo-elektrische Maschinen. Zu den ersteren gehören alle jene Maschinen, bei welchen der Strom durch permanente Stahlmagnete erzeugt wird und jene, bei denen zwar Elektro-Magnete angewandt werden, diese aber ihre Anregung nicht durch die Maschine selbst, sondern durch irgend eine zweite Elektricitätsquelle erhalten. Zur zweiten Gruppe gehören alle Maschinen, die ihre Elektro-Magnete durch den eigenen Strom in Thätigkeit setzen, wo also ein Theil der Kraft, die zum Betriebe der Armatur benützt wird, zur Magnetisirung der Elektro-Magnete abgegeben werden muß.

Die Anwendung von Maschinen mit permanenten Stahlmagneten mag in vielen Fällen, namentlich wenn es sich um Ströme geringer Stärke handelt, empfehlenswerth sein; für die Erzeugung von Licht ist ihre Verwendung in keinem Falle rationell. (Cap. II. Seite 34.)

Für die Praxis lassen sich sämmtliche Maschinen besser in die zwei Gruppen: Maschinen für Wechselströme und Maschinen für gleichgerichtete Ströme, eintheilen.

Obwohl gegenwärtig die Wechselstrom-Maschinen sehr verbreitet in Anwendung stehen (bedingt durch die Erfindung der Jablochkoff-Kerze und der durch sie gegebenen ersten Lösung des Problems der Lichttheilung), so haben diese gegenüber den Maschinen für gleichgerichtete Ströme doch bedeutende Nachtheile. Es ist gegenwärtig ziemlich sicher, daß unter gleichen Verhältnissen von Widerstand, Geschwindigkeit 2c. mit den letzterwähnten Maschinen von der aufgewandten Kraft um 35 % mehr Nutzeffect im Lichtbogen erzielt werden, als mit den Wechselstrom-Maschinen. Ferner

brennen bei der Anwendung von Wechselströmen beide Kohlen gleichmäßig spitz ab, wodurch der größte Theil des Lichtes vom Bogen selbst ausgeht, daher nach allen Richtungen zerstreut wird.

In der Praxis handelt es sich aber beinahe ausnahmslos darum, eine Bodenfläche zu beleuchten; will man daher kein unnützes Licht erzeugen, so müssen Reflectoren angewendet werden, die das nach aufwärts geworfene Licht abwärts senden. Bei gleichgerichteten Strömen hingegen höhlt sich die positive Kohle kraterförmig aus und wenn diese als obere Elektrode verwendet wird, strahlt sie den weitaus größten Theil des Lichtes nach unten aus, also dorthin, wo man es wünscht.

Im vorhergehenden Capitel wurde Seite 34 gesagt, daß der innere Widerstand einer Maschine ein wesentliches Moment zur Beurtheilung ihrer Brauchbarkeit abgebe. Unter diesem Widerstande versteht man bekanntlich jene Kraft, welche die Drähte und Verbindungsstücke der Maschine dem Durchgange des elektrischen Stromes entgegensetzen. Ist nun dieser Widerstand groß, so wird ein bedeutender Theil des Stromes zur Ueberwindung desselben verwendet, geht also für das Licht verloren. Die auf diese Art verschwundene Elektricität kommt als Wärme in der Maschine wieder zum Vorschein. Demnach könnte man glauben, daß eine Maschine dann die beste wäre, wann ihr Widerstand so nahe als möglich an die Nulle gebracht ist. Dies ist jedoch nur bis zu einer gewissen Grenze richtig, denn eine Maschine ohne Widerstand würde die Strom- und Lichterzeugung unmöglich machen; dazu ist ein bestimmter, wenn auch geringer Widerstand unbedingt erforderlich. So haben in der That nachstehende Maschinen folgende Widerstände:

Siemens-Halske	0·7—0·75	Ohms,
Gramme	1·0	»
Brush für Einzellichter	0·05	»
» » Theilungslichter . . .	23·0	»
Gülcher für » . . .	0·265	»
Bürgin	2·8	»

Bei im übrigen gleicher Leistungsfähigkeit kann man sagen, daß in einer Maschine mit geringem Widerstande die Arbeitsausnützung eine vollkommenere ist als in einer solchen von größerem Widerstande.

Mit dem Widerstande einer Maschine hängt die Spannung der durch sie erzeugten Ströme innig zusammen. Dem größeren Widerstande entspricht die höhere Spannung und umgekehrt. Im ersteren Falle kann man in einen Stromkreis viele Lichter einschalten, die aber unruhig brennen, stets zucken, gefärbt erscheinen, beim nebeligen, trüben Wetter nur im beschränkten Umkreise sich geltend machen können und überdies die Isolirung der Leitungen kostspieliger machen; auch ist die Bedienung der Lampen, Wechsel 2c. bei einer größeren Anzahl solcher von hochgespannten Strömen gespeister Lichter nicht ungefährlich und der Betrieb wird unsicher, da leicht ein Isolationsfehler entstehen kann. Ströme geringer Spannung können in der Regel nur wenige oder auch nur ein Licht erzeugen; dasselbe brennt aber ruhig, rein weiß, zeigt die Farben wie im Sonnenlichte, durchdringt leicht Nebel und trübes Wetter und die Bedienung der Lampen ist ohne jede Gefahr. Die Leitungen sind billiger, weil sie nicht einer so sorgfältigen Isolirung bedürfen und aus eben diesem Grunde resultirt auch eine erhöhte Betriebssicherheit.

Die Spannung der Ströme kann aber auch unabhängig vom Widerstande der Lichtmaschine dadurch erhöht werden,

daß zur Anregung der Elektro-Magnete eine zweite kleinere Maschine für gleichgerichtete Ströme dazu benützt wird, wie dies z. B. Siemens in seiner neuen Lichtmaschine durchgeführt hat. (Siehe Seite 69.)

Mehr als 10—15 Lampen (es sind hier immer solche mit Voltabogen gemeint) in einen Stromkreis einzuschalten, ist in keinem Falle anzurathen, weil dann Ströme zu hoher Spannung in Verwendung kommen müßten. Maschinen, die dies dennoch bezwecken, sind nicht empfehlenswerth.

Die Secundärbatterien oder Accumulatoren.

Wenn diese auch gegenwärtig noch nicht im Stande sein sollten, Elektricität aufgespeichert in's Haus stellen zu lassen, um dort zur Beleuchtung verwendet zu werden, so dürften sie doch in ihrer jetzigen Gestalt bereits geeignet sein, um gewissermaßen als elektrische Reservoirs in die Stromleitungen dynamischer Maschinen eingeschaltet zu werden, gleichwie man in Wasserleitungen Reservoirs anbringt, um Wasser zur Verfügung zu haben, wenn auch kein Zufluß von Wasser durch die Röhrenleitung stattfinden kann. Die dynamische Maschine ladet die Secundärbatterie zu einer Zeit, zu welcher man des elektrischen Stromes gar nicht oder nur zum Theile bedarf, und in der Secundärbatterie steht dann Elektricität zu Gebote, wann die Maschine versagt, ihre Kraft nicht ausreicht oder in der Leitung eine Unterbrechung eingetreten ist. Auch zur Beleuchtung von Eisenbahnzügen mittelst Glühlampen könnte sie vielleicht gute Dienste leisten.

Aus diesen Gründen wurde deshalb auch das Capitel über die Secundärbatterien der Beschreibung der Lichtmaschinen angeschlossen.

Der Erfinder der ersten Secundärbatterie war J. W. Ritter; er wandte Platinplatten und verdünnte Schwefelsäure an. Das große Absorptionsvermögen des Platins für Wasserstoff machte es zur Herstellung einer Secundärbatterie geeignet. Unzureichende experimentelle Hilfsmittel verhinderten Ritter an der Ausbildung und Ausbeutung seiner Ideen.

G. Planté stellte durch gründliche und umfassende Untersuchungen fest, daß das Blei das geeignetste Element für Secundärbatterien sei. Er sandte durch eine Reihe von Bleiplatten in verdünnter Schwefelsäure längere Zeit einen elektrischen Strom und oxydirte so alle jene Platten, die mit dem positiven Pole der Elektricitätsquelle in Verbindung waren. Die mit dem negativen Pole verbundenen Platten blieben unverändertes Blei. Beiderlei Platten entsprechend verbunden und in verdünnte Schwefelsäure gesetzt, gaben sein Secundär-Element. Faure hat nun die langsame Bildung der Elemente umgangen und ihre Capacität dadurch vermehrt, daß er die Bleiplatten mit Mennige überzieht und auf die so hergestellten Platten den Strom wirken läßt. Zu der Herstellung der Faure'schen Secundärbatterie bedient man sich zweier Bleistreifen von 200 Millimeter Breite; der eine ist 600 Millimeter lang und 1 Millimeter dick, der andere 400 Millimeter lang und 0·5 Millimeter dick, beide erhalten am Ende eine kräftige Bleifahne. Jede Bleiplatte wird alsdann mit Mennige, welche mit Wasser zu einem Brei angerührt wurde, belegt; die große Platte erhält 800, die kleine 700 Gramm. Man bedeckt hierauf die Mennige mit einem Blatte Pergamentpapier, hüllt das Ganze in einen Filzüberzug, legt die Platten übereinander und rollt sie auf, indem man Kautschukbänder dazwischen legt. Schließlich stellt man

das Ganze in ein cylindrisches Gefäß aus Blei, welches inwendig mit Mennige und Filz ausgekleidet ist und auch an der Wirkung participirt, da die eine Bleifahne an dasselbe angelöthet wird. Ein solches Element hat ohne Flüssigkeit ein Gewicht von 8500 Gramm.

Statt die Platten zu rollen, kann man auch Platten von rechteckigem Querschnitte parallel, nebeneinander und entsprechend verbunden, in einen passenden Trog eingesetzt, verwenden. Letzterer Art waren die in der Pariser Ausstellung vom Jahre 1881 in Gebrauch genommenen Secundärbatterien.

Nachstehende Angaben sind einem Berichte Uppenborn's entnommen. (Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre. Bd. III, p. 431.)

Ein Faure'sches Element besitzt eine elektro-motorische Kraft von 2 Volts und ein Gewicht von 25 Kilogramm. Mit drei Siemens'schen Maschinen, Modell D_2, können 150 Elemente in beiläufig zehn Stunden geladen werden. Stehen sie dann unbenützt, so verlieren sie 1·5—2% ihrer Ladung per Tag. Zum Betriebe eines Motors verwendet, kann ein Faure-Element sechs Stunden lang eine Arbeit von 2 Secunden-Meterkilogramm leisten.

Um Glühlampen zu speisen, müssen eine größere Anzahl von Elementen verbunden werden, damit die nöthige Spannung des elektrischen Stromes erzielt wird. Bei den Batterien verhält es sich nämlich ebenso, wie mit den Lichtmaschinen: die Spannung des Stromes wächst mit dem inneren Widerstande, dort der Maschine, hier der Batterie. Der Widerstand einer Batterie wächst aber mit der Zahl der Elemente. Den durchschnittlichen Widerstand einer Glühlampe zu 50 Volts angenommen, ergiebt eine einfache Rechnung die Minimalzahl der nothwendigen Elemente zu 25.

Diese 25 Elemente haben aber bereits einen ziemlich großen Arbeitsvorrath. Eine Glühlampe kann damit 75 Stunden oder 25 Lampen 3 Stunden im Leuchten erhalten werden.

Die Ladung eines Elementes kostet gegenwärtig 2·5 Pfg.

IV.

Lampen.

Alle elektrischen Lampen, die gegenwärtig in Gebrauch sind, lassen sich in vier Gruppen zusammenfassen. Bei den zwei ersten Gruppen wird das Licht durch den Voltabogen hervorgebracht, bei den zwei letzteren durch Glühen von Kohlenstücken, die passend geformt und in den Stromkreis eingeschaltet, dem Durchgange des Stromes einen großen Widerstand entgegensetzen und dadurch zum Glühen kommen. Die beiden ersten Gruppen unterscheiden sich von einander derart, daß in der ersten die Entfernung der Kohlenspitzen während der ganzen Dauer des Voltabogens ununterbrochen durch irgend welche Vorrichtungen regulirt wird, in der zweiten Gruppe hingegen die Stellung der Kohlenstäbe zu einander vom Anfange bis zum Ende ihrer Verwendung unverändert bleibt. Die dritte und vierte Gruppe sind dadurch von einander verschieden, daß in der vierten Gruppe die Ursache des Leuchtens in einem unvollständigen Contacte zweier in den Stromkreis eingeschalteter Kohlenstücke liegt, während in der dritten Gruppe ein ungetheiltes Kohlenstück in Folge seiner unvollkommenen Leitungsfähigkeit zum Glühen und Leuchten gebracht wird.

Die vier Gruppen sind demnach:

1. **Regulatorlampen**: Die beiden Kohlenstäbe liegen in einer Linie und sind während des Brennens stets in Bewegung.
2. **Elektrische Kerzen**: Die beiden Kohlenstäbe befinden sich parallel neben einander und bewegen sich während des Brennens nicht.
3. **Glühlicht- oder Incandescenzlampen mit unvollkommener Leitungsfähigkeit**: Das Licht kommt durch Glühen eines schlechten Leiters im geschlossenen Stromkreise zu Stande.
4. **Glühlichtlampen mit unvollständigem Contact**: Das Licht entsteht an der Berührungsstelle zweier Leiter.

1. Gruppe: Regulatorlampen.

Differential-Lampe von Siemens & Halske.

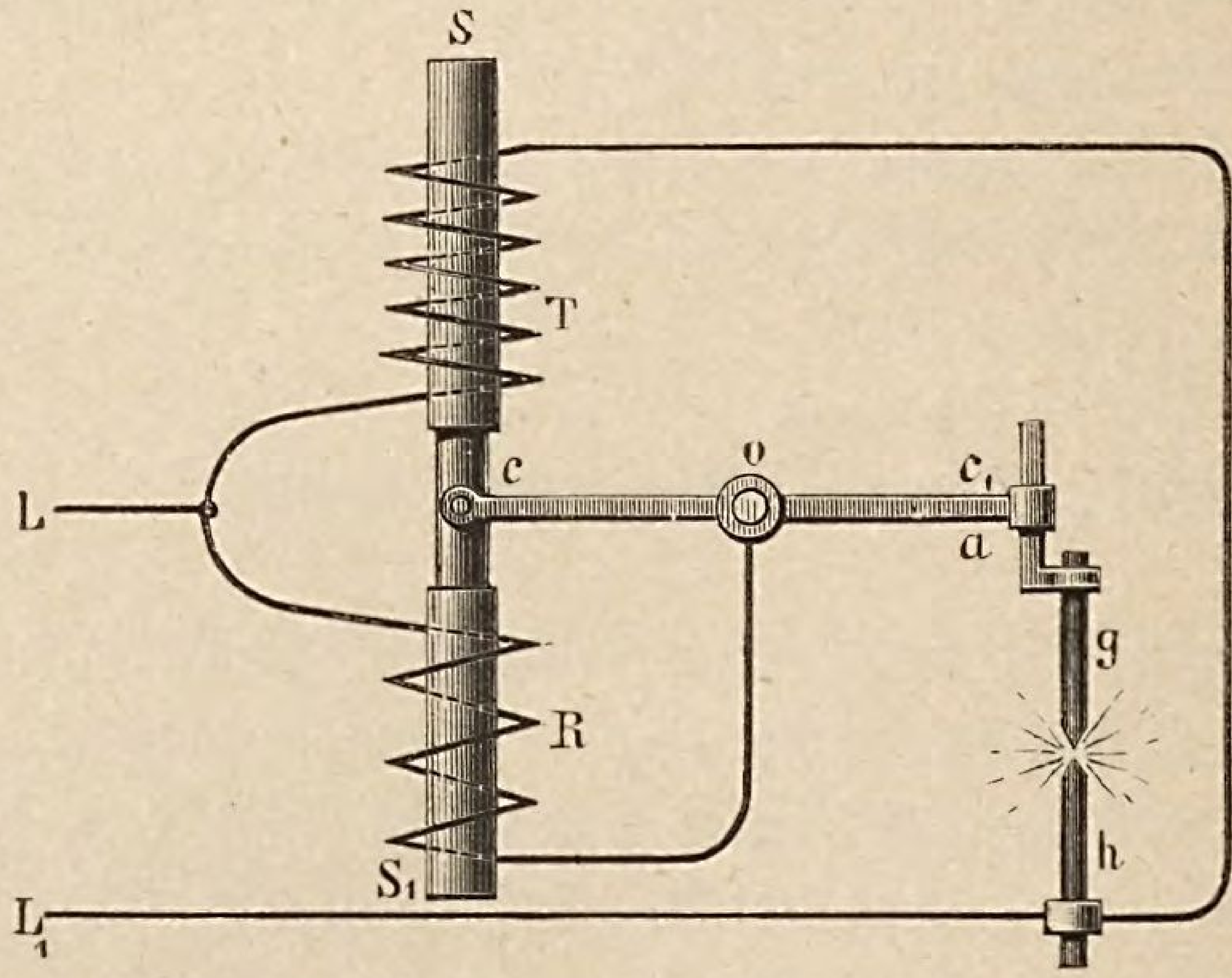
Schon vor der Erfindung der Differential-Lampe durch v. Hefner-Alteneck hatten Siemens und viele Andere Regulatoren für das elektrische Licht construirt. (Siehe Einleitung.) Da wir uns aber hier nur mit den praktisch in Anwendung stehenden zu beschäftigen haben, beginnen wir sogleich mit der oben genannten Differential-Lampe.

Bei Einschaltung derselben in einen Stromkreis kann eine Lampe vorübergehend erlöschen ohne die anderen Lampen im selben Stromkreise zu schädigen.

Das Schema in Figur 34 möge zur Erklärung ihres Constructionsprincipes dienen. $S\ S_1$ ist ein Stab aus weichem Eisen, der an dem um o drehbaren Hebel befestigt ist. T stellt eine Nebenschließung von hohem Widerstande im Verhältnisse zum Stromweg in der Lampe und auch zum

Lichtbogen vor, R ein in den Hauptstrom eingeschaltetes Solenoid von geringem Widerstande. Die Windungen der beiden Solenoide sind so angeordnet, daß diese den Eisenstab in entgegengesetzten Richtungen anzuziehen suchen, daher mit der Differenz ihrer anziehenden Kräfte, d. h. Stromstärken, wirken. Es wird in Folge dessen auch die Regulirung des Lichtbogens stets das Resultat der Differentialwirkung beider Spulen sein.

Fig. 34.



Nehmen wir an, die beiden Kohlen h und g berühren sich nicht, sondern sind von einander in einer gewissen Entfernung. Der Strom geht dann von L durch die Spule T von hohem Widerstande zur unteren Kohle h und von da über L_1 zur Stromquelle zurück; dadurch wird der Eisenkern S S_1 magnetisch und in T hineingezogen, also das Hebelende c_1 in seine tiefste Stellung gebracht. Im selben Momente löst sich der Kohlenhalter a vom Hebel c c_1 los und fällt langsam herunter, bis sich die beiden Kohlen treffen. Jetzt geht der Strom von L durch R g h nach L_1;

nun wirkt aber die Spule R auf den Stab $S S_1$, zieht diesen nach unten und der Lichtbogen entsteht. Im ersten Momente der Hebung stellt sich auch die Verbindung von a und c_1 wieder her. Im Stromkreise ist jetzt zum Widerstande R noch der Widerstand des Lichtbogens hinzugekommen und dieser wächst mit der Länge des Lichtbogens; dadurch wird der Strom in T wieder stärker und in R schwächer, bis bei einem bestimmten Widerstande des Bogens sich die von T und R ausgeübten Anziehungskräfte das Gleichgewicht halten.

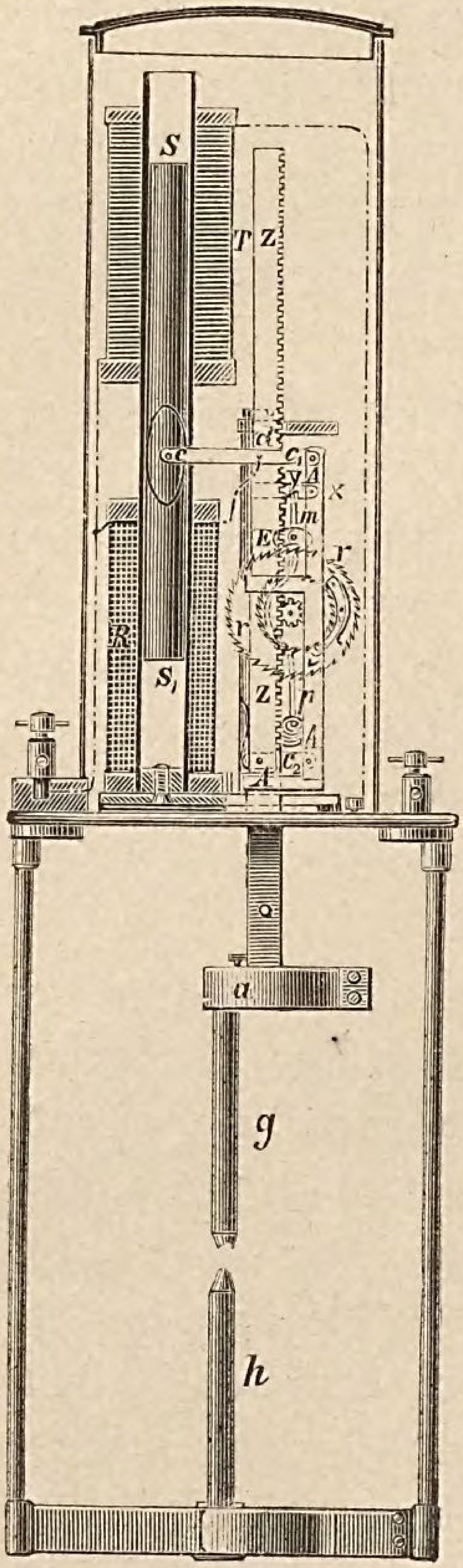
Die Kohlenstäbe brennen langsam ab, aber die gleiche Bogenlänge stellt sich immer wieder her. Bei entsprechend höherer Stellung des Eisenstabes $S S_1$ sinkt c_1 bis in seine unterste Stellung, wo dann die Lösung der Kuppelung und Erneuerung des früheren Spieles erfolgt. Wird im Stromkreise außerhalb der Lampe die Stromstärke verändert, so bringt dies allein in der Lampe keine Veränderung hervor weil die Stromstärke in den beiden Spulen in gleichem Verhältnisse sich ändert.

Für die Größe des Widerstandes, auf welchen der Bogen gebracht wird, ist das Verhältniß der Wirkungen der beiden Spulen R und T auf den Eisenkern maßgebend. Es wird voraus bestimmt durch Wahl des entsprechenden Widerstandes, die Zahl der Windungen oder mehr oder weniger tiefes Eintauchen des Stabes in die Spulen. Zu diesem Zwecke ist die obere Spule verstellbar angebracht.

Die Lampe selbst, Figur 35, zeigt, daß der Kohlenhalter a Z nicht unmittelbar an den um d drehbaren Hebel $c c_1$ befestigt ist. Die Zahnstange Z hat ihre Führung in dem Theile A, welcher an dem Hebelende c_1 angehängt und durch eine Gelenkstange c_2 an seinem unteren Ende so geführt ist, daß sie bei den Schwingungen von $c c_1$ nur parallel

mit sich selbst auf und ab bewegt werden kann. Die Zahnstange kann an dem Theile A nur langsam abwärts gleiten,

Fig. 35.



indem sie dabei das Steigrad r und das Echappement E in Bewegung und dadurch das Pendel p mit seinem nach oben gehenden Arme m in Schwingung setzen muß, welche Theile sämmtlich an A gelagert sind und mit ihm auf- und abwärts gehen. In einer gehobenen Lage des Stückes A ist der Arm m durch eine Kerbe in dem kleinen Hebel y, welcher bei x gleichfalls an das Stück A gelagert ist, festgehalten und damit das Echappement arretirt und die Zahnstange mit A verkuppelt.

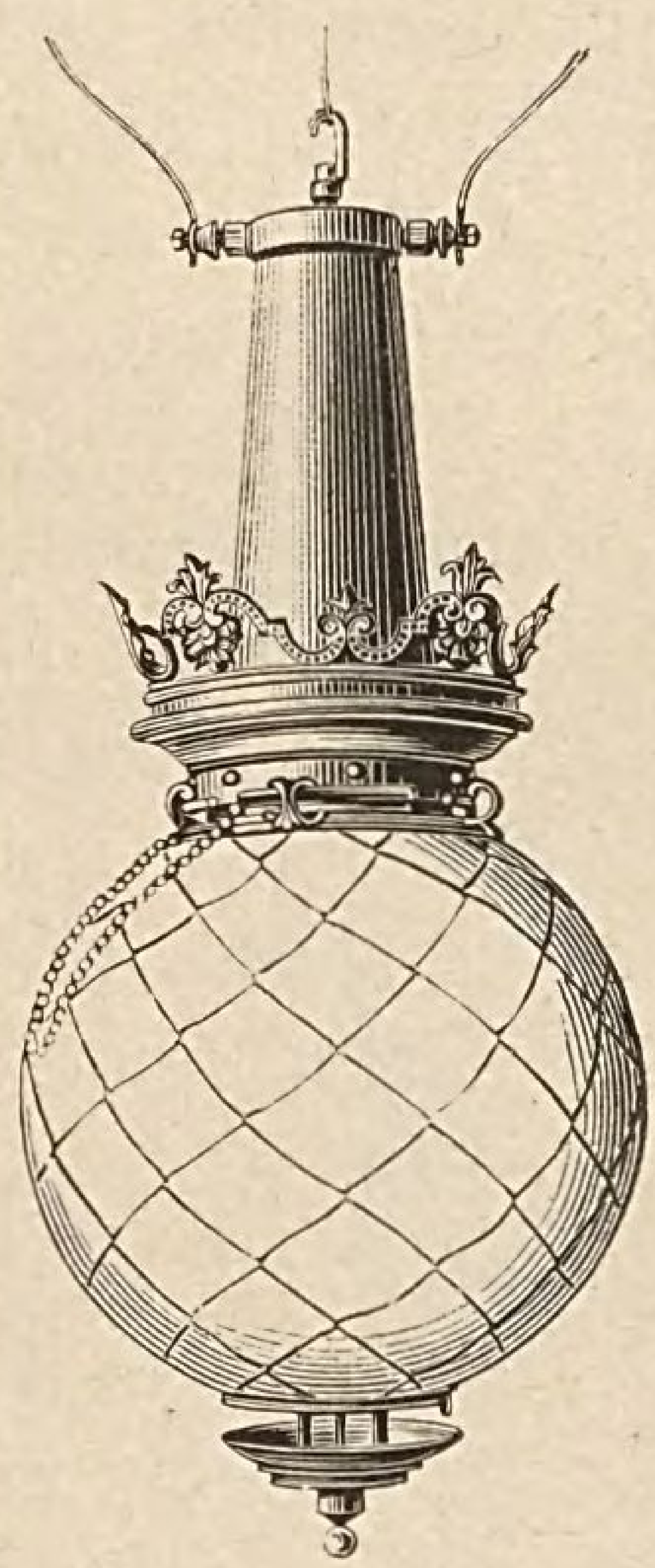
Wenn aber A und somit y sich der untersten Stellung nähert, so wird der letztere durch einen am Gestell festsitzenden Stift ausgehoben und das Echappement, sowie die Zahnstange x von A frei, worauf die früher beschriebene Nachschiebung der Kohlen stattfindet.

Jede Lampe regulirt sich mit Rücksicht auf die Stromstärke; man kann daher eine Reihe von Lampen in einem Stromkreise oder auch in mehreren Stromkreisen einer Maschine einschalten, in Parallel- oder Zweigleitungen; in letzterem Falle erhält man verschieden intensive Lichter. Wenn in einer Lampe die Kohlen abgebrannt sind, so erlischt sie und der Strom geht durch die Spule von

großem Widerstande; um diesen Stromverlust zu vermeiden, wendet Siemens noch eine Contactvorrichtung an, welche einen kurzen Schluß bewirkt.

Bei den Differential-Lampen älterer Construction ist die untere Kohlenelektrode fest. Jetzt wird die untere Kohle in eine Hülse gesteckt, in der sich eine Spiralfeder befindet, welche die Kohle nach aufwärts drückt. Oben wird die Kohle gehemmt durch einen (bei Abnützung leicht auswechselbaren) Kupferring, dessen innerer Durchmesser nahezu dem Durchmesser der Kohle gleichkommt. Dadurch kann immer nur der konisch zugespitzte Theil hervortreten. Die Länge jeder Kohle beträgt 40 Ctm., die Brenndauer einer Lampe 8 Stunden.

Fig. 36.



Da die hier beschriebene Construction der Differential-Lampe für praktische Beleuchtungszwecke bestimmt ist, hat Siemens den Mechanismus nach oben gelegt, um die Schattenbildung zu vermeiden. In Figur 36 ist in perspectivischer Ansicht eine derartige Lampe dargestellt.

Lampe von Gramme.

Selbe ist in den Figuren 37 und 38 in zwei Seitenansichten dargestellt. Die Zahnstange A A trägt die obere positive Kohle und dient durch ihr Gewicht als Motor für die Bewegung der letzteren; die untere, negative Kohle wird an einem Querstück C befestigt, welches mit zwei Stangen B B verbunden ist. Diese sind an ihrem oberen Ende mit einer schmiedeeisernen Traverse b b verschraubt, welche den Anker

zu den im Hauptstrome eingeschalteten Elektro-Magneten E E bildet, und welche durch die Spiralfedern D D immer nach aufwärts gezogen wird. Der in einen Nebenzweig eingeschaltete Elektro-Magnet F F von großem Widerstande besitzt einen Anker G, welcher auf dem um I drehbaren Hebel H H befestigt ist. Am anderen Ende des Hebels ist mit diesem fest verbunden ein Sperrzahn K, der in das Sperrrad n eingreifen kann. L ist eine Spiralfeder, welche den Anker G vom Magnete F stets abzieht. m ist eine Contactfeder und S ein Contactstift.

Die Function der Lampe ist folgende: durch die Einwirkung der Federn D D und des Ansatzes o o wird in der Ruhelage immer das Ende des Hebels H H, an welchem sich der Sperrzahn K befindet, in die Höhe gezogen, wodurch das Sperrrad n frei wird und die Zahnstange A A vermöge ihres Gewichtes herabsinkt, bis sich beide Kohlen berühren. Der Strom kann nun durch die Lampe gehen. Er tritt bei P ein, geht durch die Metallbestandtheile der Lampe zum oberen Kohlenträger A, dann durch die untere Kohle in die Stangen B B und von hier durch den Elektro-Magnet E E zur Klemme Q. Die Klemmen P und Q sind mit den Polen der Lichtmaschine verbunden, wenn nur eine Lampe in den Stromkreis eingeschaltet ist; sind mehrere Lampen im selben Kreise, so ist die Klemme Q mit der nächsten Lampe verbunden u. s. w. bis endlich von der letzten Lampe der Draht zur Maschine zurückführt.

Bei R ist eine Abzweigung, durch welche ein Theil des Hauptstromes, ohne den Lichtbogen zu passiren, den Elektro-Magnet F F umkreisen kann. Sein Weg ist aus der Masse der Lampe durch den Stift S in die isolirte Contactfeder m, dann durch den Elektro-Magnet F und bei R wieder in die Masse der Lampe zurück.

Sobald ein Strom durch die Lampe geht, zieht der Elektro-Magnet E die Traverse b an, drückt somit die Stangen B B und mit diesen die untere Kohle hinunter und stellt in solcher Weise den Lichtbogen her. In dieser Stellung bleibt der untere Kohlenhalter während der ganzen Zeit des Betriebes unverrückt stehen. In Folge der Abwärtsbewegung der Stangen B und damit des Ansatzes o o wird der Hebel H frei; der Sperrzahn K gelangt unter der Einwirkung der Feder L zum Eingriffe in das Sperrrad n und ein Nachsinken der oberen Kohlen kann somit nicht mehr stattfinden. Der Elektro-Magnet F F ist sehr groß und, wie erwähnt, besitzen seine Drahtwindungen einen hohen Widerstand; der in diesem circulirende Zweigstrom ist daher sehr schwach. Wird aber durch das Abbrennen der Kohlen der Voltabogen länger und somit der Widerstand im Hauptstromkreise größer, so wird der

Fig. 37.

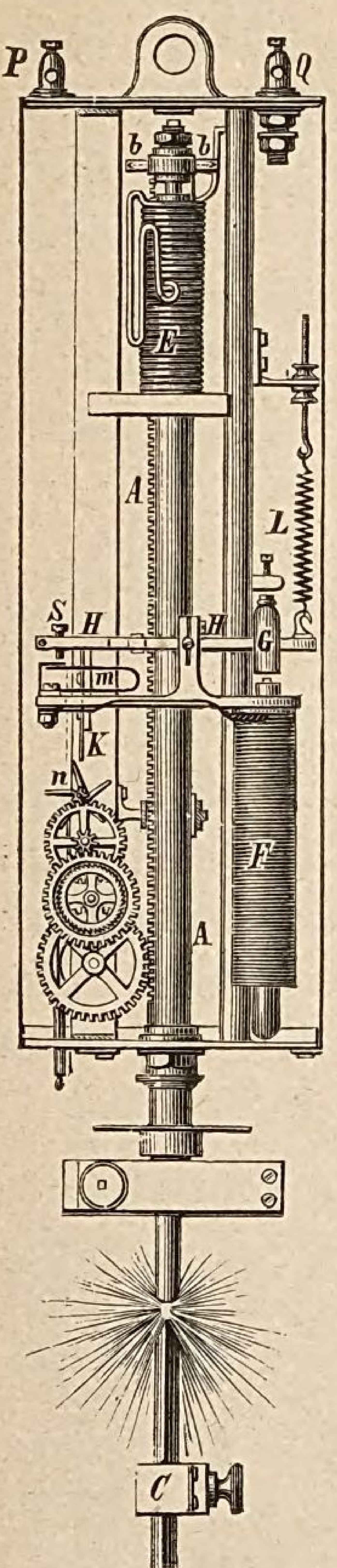
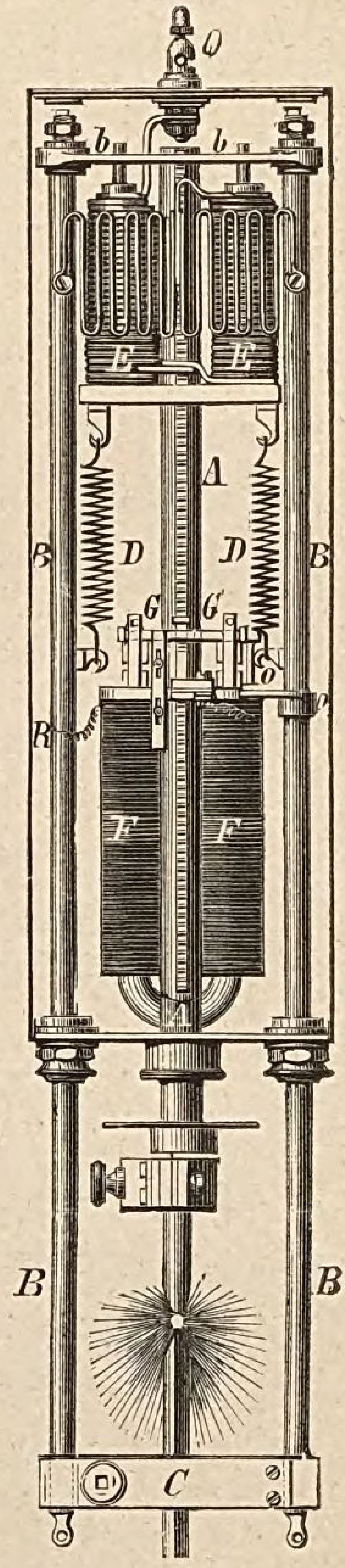


Fig. 38.



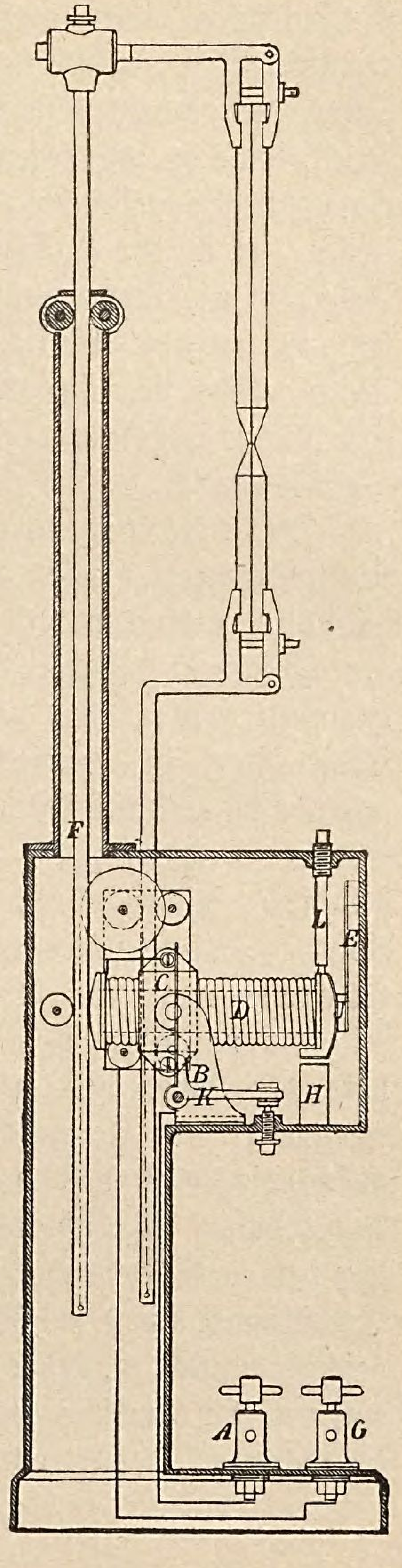
Strom in diesem schwächer, im Nebenschlusse aber stärker. Der Elektro-Magnet F zieht dann seinen Anker G an und bringt hierdurch den Sperrzahn K außer Eingriff. Jetzt ist das Sperrrad und mit ihm das übrige Räderwerk frei, die Zahnstange und mit ihr die obere Kohle kann nachsinken. Im selben Momente wird aber auch der Contact des Stiftes S und der Feder m unterbrochen und somit der Strom, welcher durch den Magnet ging, aufgehoben. Die Feder L zieht daher den Anker ab und wieder in seine Ruhelage zurück, wodurch das Räderwerk und mit ihm das Nachsinken der Kohle wieder unterbrochen wird.

Brennen die Kohlen weiter ab, so beginnt das obige Spiel von Neuem und so geht es fort, so lange die Lampe brennt.

Da die Stromstärke im Hauptstrome nicht plötzlich abnimmt, die im Nebenstrome in Folge dessen nicht plötzlich zunimmt, so erfolgt das Nachschieben der Kohle nicht in großen merkbaren Sprüngen, sondern continuirlich, stets mit dem Abbrennen der Kohlen gleichen Schritt haltend.

Man wirft der Lampe vor, daß sie beim Betriebe klappert; dem ist jedoch, wenn es gewünscht werden sollte, leicht durch irgend eine Dämpfung abzuhelfen. Andererseits haben aber diese regelmäßig wiederholten Stöße, welche das Klappern verursachen, den Vortheil, daß sie den Staub, der auf die Lampe fällt, fortwährend abschütteln. Dieser Umstand ist namentlich in Fabriken zu beachten, wo es sehr leicht vorkommt, daß die Lampe ohne dieses Hilfsmittel verschmiert wird und schließlich ihren Dienst versagen kann.

Fig. 39.



Lampe von Gülcher.

Diese durch ganz besondere Einfachheit der Construction ausgezeichnete Lampe ist in Figur 39 dargestellt. Die obere positive Kohle wird durch eine eiserne, in Gleitrollen geführte Stange F getragen. Diese ist mit dem unteren negativen Kohlenträger derart durch Rollen und Schnurlauf verbunden, daß sie immer den doppelten Weg zurücklegen muß, als der untere Kohlenhalter. Es sind nämlich, wie aus der Figur zu ersehen, zwei Rollen auf einer Achse befestigt, deren Durchmesser sich wie 1:2 verhalten; die Schnur, mit welcher der obere positive Kohlenträger aufgehängt ist, geht über die größere, die Schnur, an welcher der untere negative Kohlenträger hängt, läuft über die kleinere Rolle. Da beide Rollen auf einer Achse sitzen, müssen sich auch beide immer um gleiche Winkel drehen.

Von der größeren Rolle wickelt sich aber hierbei ein dem größeren Umfange entsprechendes größeres Stück Schnur ab als von der kleineren, also muß auch der positive

Kohlenträger einen größeren Weg zurücklegen als der negative. D ist ein um C drehbarer Elektro-Magnet. K eine Feder, die gegen die Fassung des Elektro-Magnetes derart drückt, daß sie ihn gegen den Anschlag L zu drehen sucht. Eine unten angebrachte Schraube dient zur Spannung der Feder. H ist ein Klotz aus weichem Eisen, J ein an der Feder E befestigtes Stück Schmiede-Eisen. Der Elektro-Magnet hat sowohl bei J, als auch an der entgegengesetzten Seite halbkreisförmig abgerundete Pole. Bei J greift der Eisenschuh außerdem noch über ein Stück der unteren Seite des Magnetes.

Stromgang und Function der Lampe: Die Klemmschraube A wird mit dem + Pole der dynamischen Maschine verbunden und der Strom gelangt von hier durch den Träger B und den Metallring C in die Umwindungen des Elektro-Magnetes, von diesem durch den Eisenkern zum Theil direct in den eisernen Träger F, zum Theil durch das weiche Eisenstück J und die Feder E in das metallene Gehäuse und von da durch die metallischen Gleitrollen gleichfalls in den oberen Kohlenträger F, dann durch beide Kohlen in den unteren Träger und von hier durch die Gleitrolle und eine Drahtleitung zur Klemme G, welche mit dem negativen Pole der Maschine verbunden ist. Sobald der Stromkreis geschlossen wird, zieht der Elektro-Magnet D den eisernen Kohlenträger F stark an, wird aber gleichzeitig durch das weiche Stück Eisen H angezogen; die Folge davon ist, daß sich der Magnet um C derart dreht, daß der obere Kohlenhalter F aufwärts und vermöge seiner Verbindung mit dem unteren Kohlenhalter dieser abwärts geschoben wird, d. h. die Kohlenspitzen werden von einander entfernt. Hierdurch entsteht der Voltabogen. Nun brennen die Kohlen ab, der Strom wird wegen des dadurch wachsenden

Widerstandes schwächer, der Magnet verliert an Kraft und wird deshalb von H immer weniger angezogen. Jetzt überwiegt die Schwere des oberen Kohlenhalters die Anziehung bei H und der Magnet dreht sich entgegengesetzt der früheren Richtung, bis er bei L seinen Anschlag findet. Dies bewirkt eine Annäherung der Kohlen; bei weiterem Abbrennen derselben wird der Strom und mit ihm der Magnet in der früher angegebenen Weise so weit geschwächt, daß er den Kohlenträger F nicht mehr anzieht, dieser also wieder durch seine eigene Schwere sinken kann. Er sinkt so lange, bis der Strom und mit ihm der Magnet durch Verkleinerung der Entfernung der Kohlenspitzen von einander wieder die ursprüngliche Stärke erreicht haben. Diese Regulirung erfolgt natürlich nicht sprungweise, sondern continuirlich, genau dem Abbrennen der Kohlen folgend. Damit die Schwingungen des Elektro-Magnetes auch beim Anzünden oder bei außergewöhnlichen Regulirungsmomenten nicht zu heftig werden, ist der dem Kohlenträger F abgewandte Pol des Elektro-Magnetes mit der magnetischen Bremse J versehen.

Es ist klar, daß das weiche Eisenstück J desto kräftiger bremst, je kräftiger der Magnet ist, überhaupt seine Bremskraft genau nach der jeweiligen Kraft des Magnetes richtet, also diesen stets zu ruhigem Gange zwingt.

Die eben beschriebene Lampe ist eine Stehlampe; da man aber bei praktischer Verwendung zur Beleuchtung größerer Säle gewöhnlich Hängelampen wünscht, hat Gülcher seine Lampe so umgeändert, wie es die Figuren 40 und 41 in zwei auf einander senkrechten Längsschnitten zeigen. Figur 42 ist die perspectivische Ansicht einer für industrielle Zwecke bestimmten Laterne.

Fig. 40.

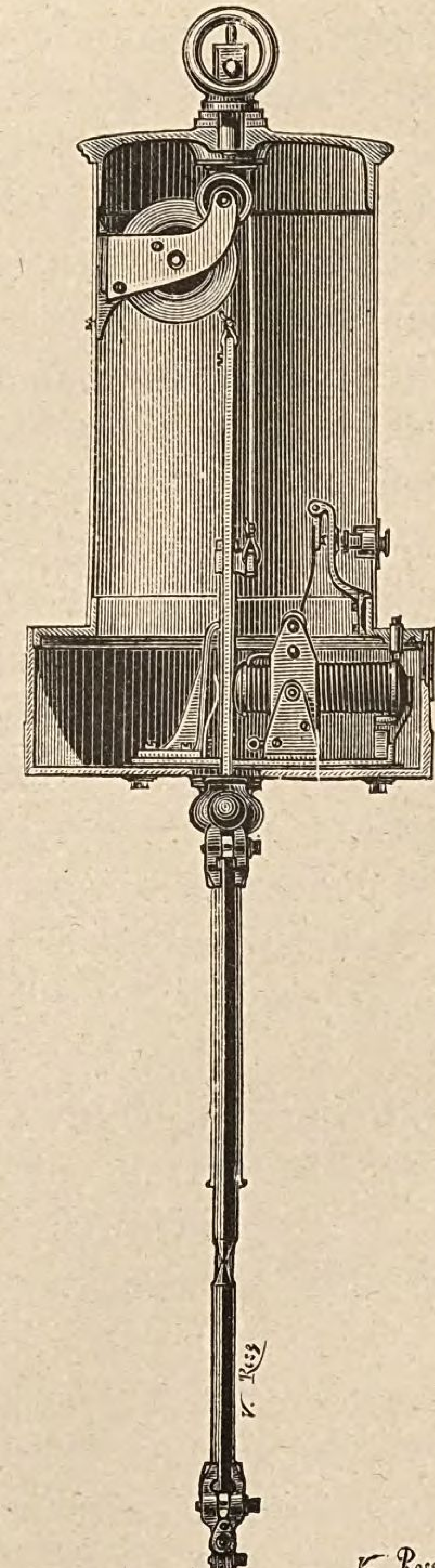
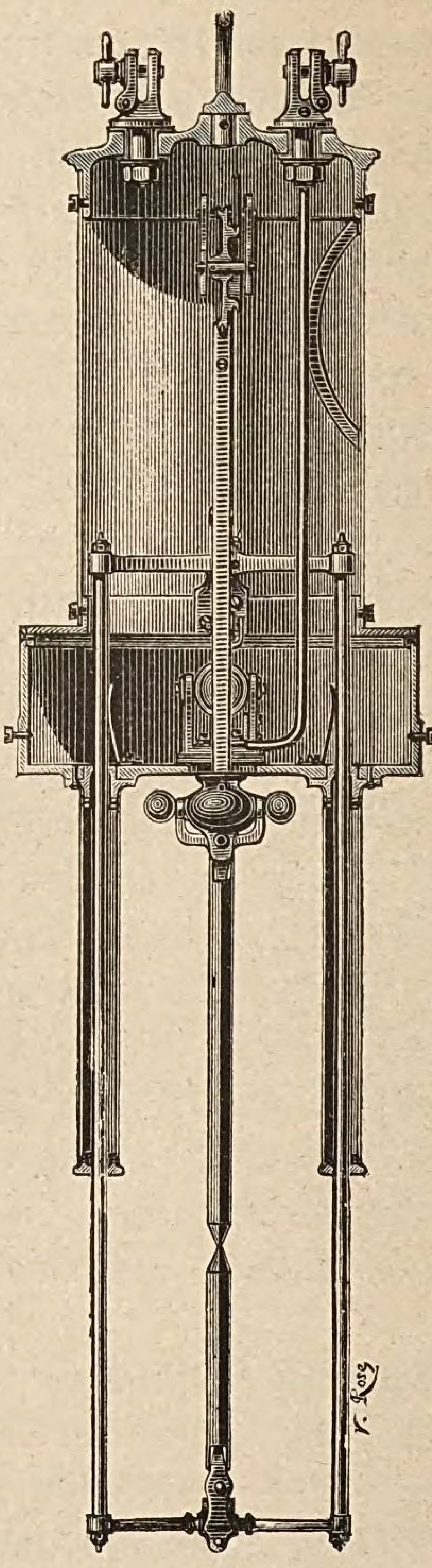
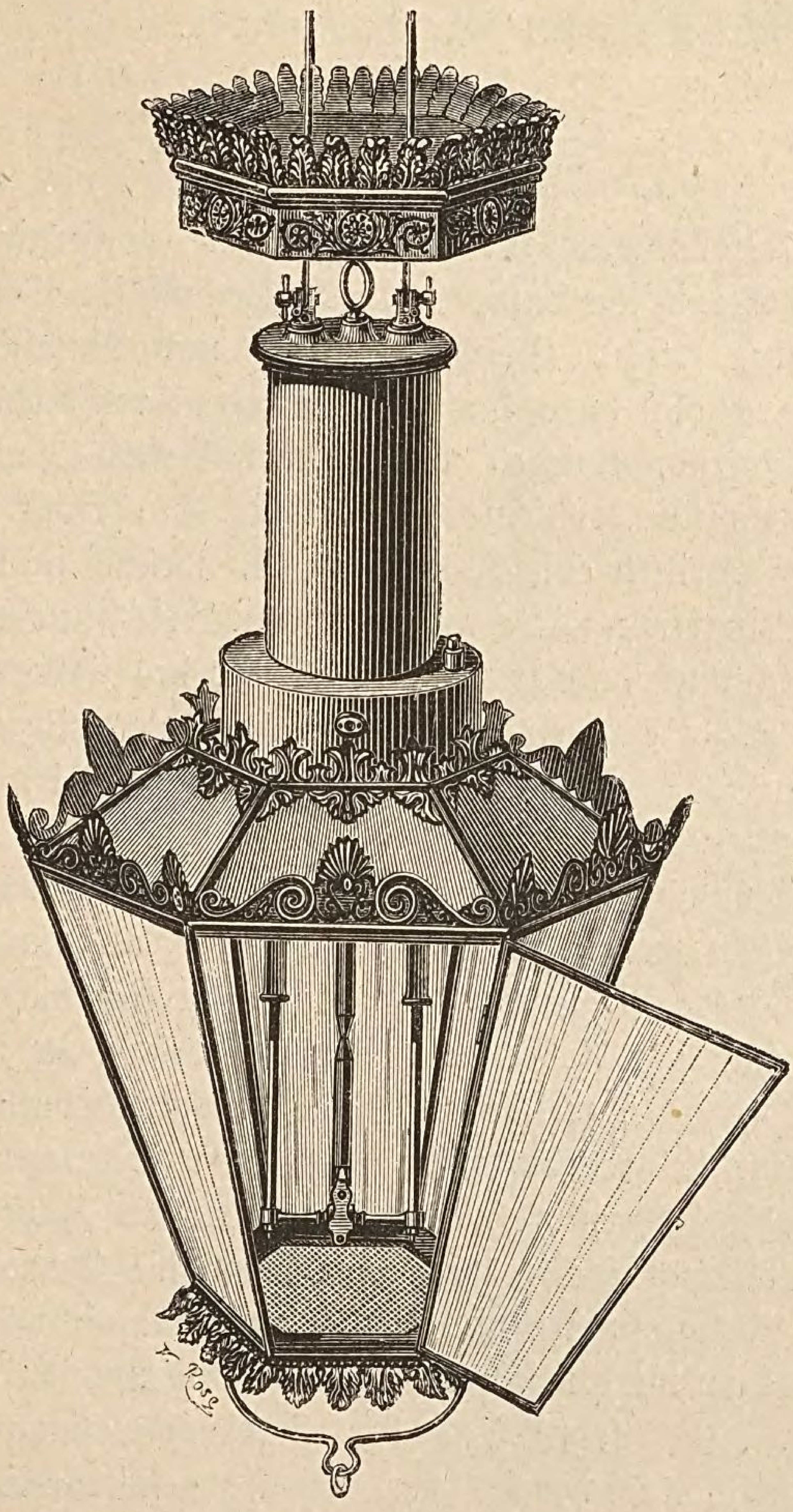


Fig. 41



Die Lampe fungirt sehr gut und läßt Fluctuationen des Lichtes absolut nicht wahrnehmen. Das Licht ist nahezu weiß, frei von jeder violetten Färbung, was eine Folge

Fig. 42



der Anwendung schwach gespannter Ströme ist. Ihre Construction gestattet, eine ziemlich große Anzahl von Lampen in einen Stromkreis einzuschalten. Die bemerkenswerthe

Art, in welcher sich die Lampen gegenseitig reguliren, wird im folgenden Capitel behandelt werden.

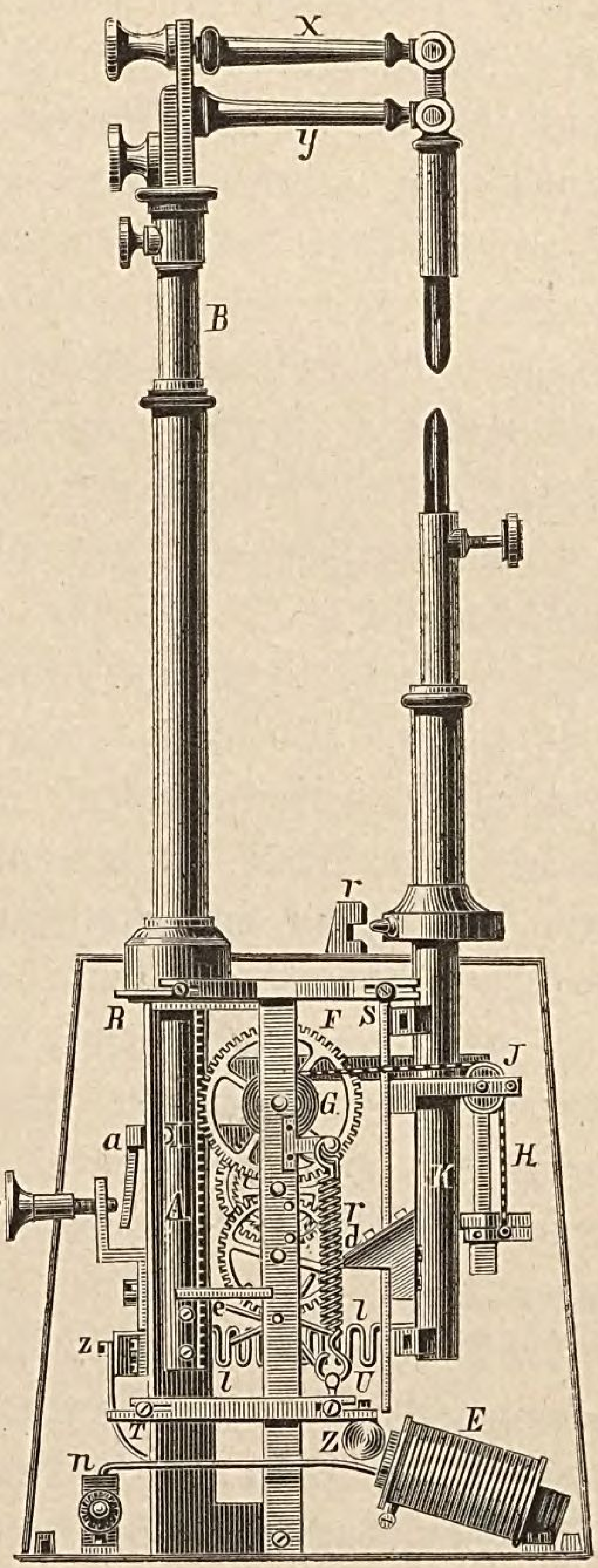
Serrin'sche Lampe.

Ursprünglich für Batterieströme construirt, erwies sich die Serrin'sche Lampe in der Folge auch für Wechselströme brauchbar. Das Zusammenführen und Nachschieben der Kohlen erfolgt durch das Gewicht des oberen Kohlenträgers, das Auseinanderziehen durch einen Elektro-Magnet. Der obere positive Kohlenträger B (Fig. 43) trägt in seinem unteren Drittel eine Zahnstange A, welche in das Zahnrad F eingreift; mit F auf derselben Achse sitzt eine Rolle G, deren Radius halb so groß ist als der des Zahnrades. Von dieser Rolle geht eine Stahlkette über die Führungsrolle J zu einem Elfenbeinstücke, das mit dem unteren negativen Kohlenhalter K verbunden ist.

Am Boden des Lampenkastens ist ein Elektro-Magnet E angebracht, dessen horizontaler Anker Z an dem Parallelogramme RSTU befestigt ist. RS kann sich um R und TU kann sich um T drehen. Die verticale Seite SU ist mit dem Querstücke, welches die Rolle J trägt, verbunden; damit das Parallelogramm nicht durch seine Schwere hinabsinkt, sind zwei Federn r (die zweite ist in der Zeichnung nicht sichtbar) angebracht, deren eine durch die Schraube b und den Hebel a stärker oder schwächer gespannt werden kann; die Federn werden so regulirt, daß RS und TU horizontal stehen. Das letzte Rad der Räderübersetzung bildet ein Sternrad e, in welches der dreieckig gestaltete Sperrzahn d eingreifen kann. Wird der obere Kohlenträger B hinaufgezogen, etwa um neue Kohlen zu befestigen, so dreht sich nur das Rad F, während das übrige Räderwerk in Ruhe

bleibt, weil das zweite Rad eine Sperrvorrichtung besitzt, welche die Drehung nur nach der entgegengesetzten Richtung gestattet. Die Arme x und y mit ihren Schrauben dienen zur genauen Einstellung der oberen Kohle.

Fig. 43.



Der Strom wird durch die Metallbestandtheile der Lampe in den Kohlenträger B geleitet, gelangt dann durch die obere positive und die untere negative Kohle in den Träger K, von hier durch den Spiraldraht ll zu einer isolirten Klemme z, die mit dem Elektro-Magnete E verbunden ist; von diesem geht der Strom durch einen Draht zur Klemme n und wieder zur Stromquelle zurück. Sobald der Strom geschlossen ist, zieht E seinen Anker Z an und die Seite SU des Parallelogrammes sinkt etwas nach abwärts; mit ihr sinkt auch der untere Kohlenträger und wegen dessen früher beschriebener Verbindung mit dem Zahnrade F steigt der obere Kohlenträger B. Die Kohlen werden also von einander entfernt und es entsteht der Voltabogen. Der obere Träger kann trotz seines Gewichtes

nicht herabsinken, da durch das Sinken des unteren Kohlenträgers der Sperrzahn d zum Eingriffe in das Sternrad e gebracht wurde und damit das Räderwerk arretirt ist. Durch Abbrennen der Kohlen wächst nun der Widerstand im Schließungsbogen, der Strom wird schwächer und mit ihm auch der Elektro-Magnet. Es kommen daher die seiner Anziehung entgegenwirkenden Federn r zur Geltung und ziehen das Parallelogramm nach oben. Dadurch wird aber auch der Sperrzahn d gehoben und das Räderwerk freigegeben. Es sinkt jetzt der Kohlenträger B und hebt durch das Rad F die Rolle G und die Kette H den unteren Kohlenträger K, d. h. die beiden Kohlen werden einander genähert. Da, wie früher erwähnt, die Durchmesser des Rades F und der Rolle G sich wie 1 : 2 verhalten, so rückt die negative Kohle halb soviel nach oben als die positive Kohle nach unten, also ganz entsprechend dem ungleichförmigen Abbrennen beider Kohlen. Der Voltabogen bleibt daher an derselben Stelle. Das Nachrücken der Kohlen hat indessen den Widerstand im Schließungsbogen verringert und so den Strom und mit ihm den Elektro-Magnet wieder zu den ursprünglichen Stärken gebracht. Es wird deshalb der Anker wieder angezogen und das Uhrwerk arretirt, wodurch der weitere Nachschub der Kohlen beendet ist, bis neuerdings durch Abbrennen der Kohlen der Widerstand zugenommen hat.

Dieses Spiel geht während der ganzen Brenndauer ununterbrochen fort. Durch die Spannung der Federn r mittelst der Schraube b und des Hebels a kann das Parallelogramm, conform der Stromstärke, so ausbalancirt werden, daß die geringsten Stromschwankungen genügen, um das Uhrwerk in Thätigkeit zu setzen, also den Voltabogen in ganz constanter Größe zu erhalten. Ebenso wird

durch das Anziehen der Schraube b das Parallelogramm etwas gehoben, durch Nachlassen derselben etwas gesenkt, wodurch die Lampe für einen größeren oder kleineren Voltabogen eingestellt werden kann.

Drückt man den unteren Kohlenhalter etwas nach abwärts, so wird auch das Parallelogramm gesenkt und dadurch das Uhrwerk gehemmt: die Function der Lampe ist unterbrochen. Will man diesen Zustand erhalten, so dreht man den Kohlenhalter ein wenig, so daß der unten angebrachte Zapfen zum Eingriff in das Stück r kommt.

Ein Vorzug der Serrin'schen Lampe ist das große Gewicht des oberen Kohlenträgers, durch welches kleinere Widerstände leicht überwunden werden und daher das Räderwerk einen regelmäßigen Gang erhält. Trotzdem kann aber bei Annäherung der beiden Kohlen durch zu großen Druck kein Zerbröckeln der Kohlen erfolgen, weil die untere Kohle diesem Drucke sofort nachgiebt, hinuntersinkt und dadurch die obere Kohle hebt, also den Druck vermindert. Das Gewicht des Kohlenhalters und die Anziehungskraft des Elektro-Magnetes wirken stets einander entgegen, wodurch der Lichtbogen in höchst vollkommener Weise in einer Länge erhalten wird, die dem Maximum der Stromstärke entspricht.

Diese große Empfindlichkeit ist aber auch nicht ohne Nachtheil. Die kleinste Verschiedenheit in der Wirkung des Elektro-Magnetes auf den Anker wird sofort auf den unteren Kohlenträger übertragen und bewirkt, daß dieser beständig auf und ab schwingt, wenn die Kohlen nicht sehr rein sind. Die Unreinigkeiten der Kohlen verändern nämlich den Widerstand im Schließungsbogen, indem sie den Voltabogen verlängern oder verkürzen, und verändern somit auch die Stromstärke. Die nächste Folge hiervon ist ein Schwanken im Gange der stromerzeugenden Maschine und deshalb

auch im Lichte des Flammenbogens. Sehr gute Kohle ist deshalb für den oben beschriebenen Regulator unbedingtes Erforderniß. Vermöge seiner Construction kann er auch nicht in horizontaler Lage angewendet werden, sondern muß immer vertical stehen; dann ist aber auch das Licht der Lampe beinahe so ruhig, wie das einer Gasflamme oder Oellampe.

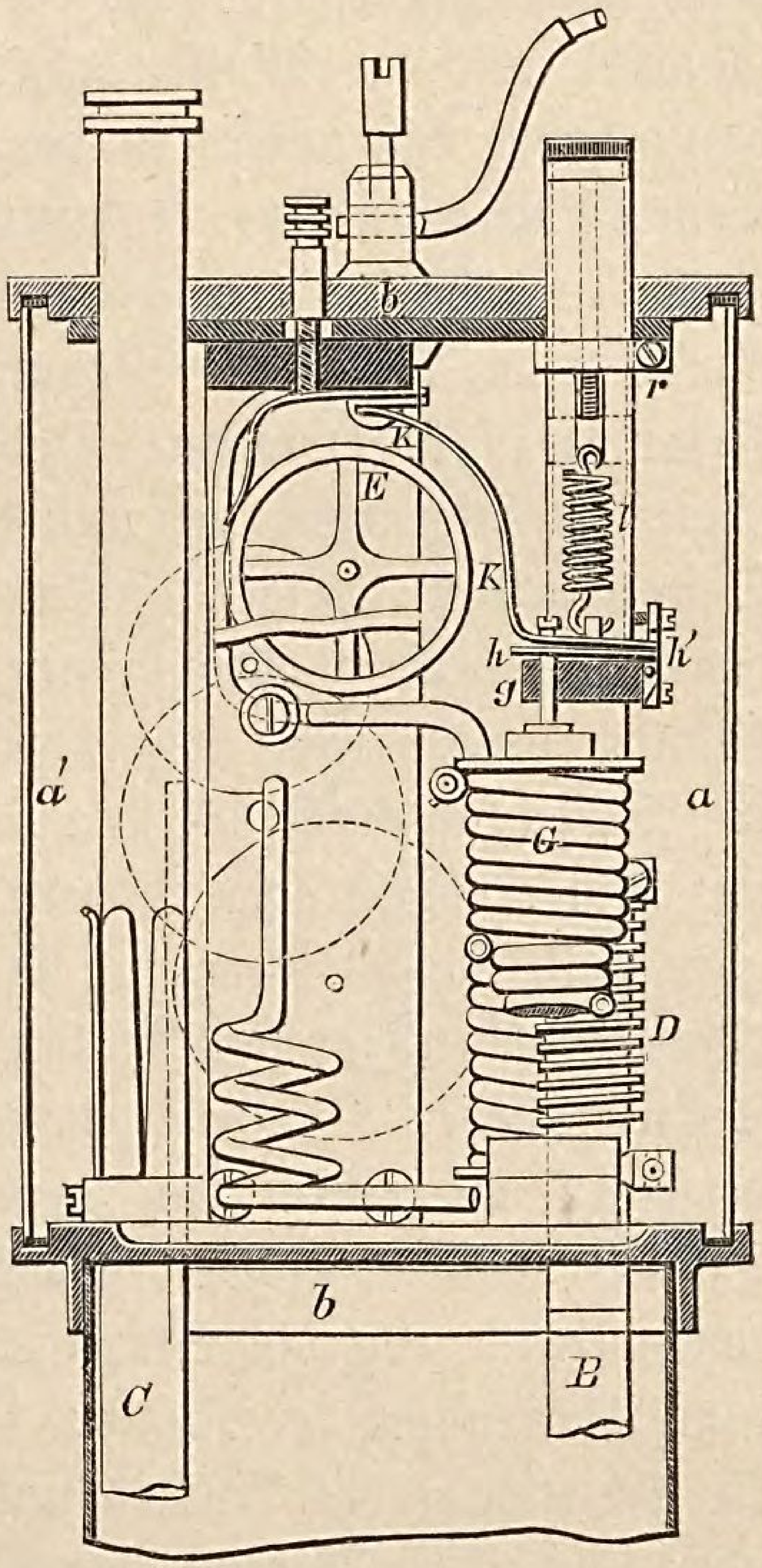
Lampe von Crompton.

Crompton richtet bei Construction der Lampe sein Hauptaugenmerk darauf, das Gewicht der beweglichen Theile, welche den Nachschub der Kohlen zu bewerkstelligen haben, möglichst zu verringern. Er erreicht damit ein präciseres Anschmiegen der Regulirungs-Bewegungen an die Stromschwankungen, indem durch das Verringern des Gewichtes der beweglichen Theile auch das Beharrungsvermögen derselben vermindert wird. Es ist deshalb einerseits kein großer Kraftaufwand dazu nöthig, die Bewegung einzuleiten, andererseits wird die bereits eingeleitete Bewegung vermöge des Beharrungsvermögens der bewegten Massen nicht länger andauern als erforderlich, d. h. also: es ist weder eine starke Stromabnahme nöthig, bevor der Nachschubmechanismus zur Wirkung kommen kann, noch dauert seine Wirkung länger an, als zur Erreichung der neuen Gleichgewichtslage nothwendig ist.

In Figur 44 ist der Mechanismus der Lampe theilweise im Schnitte von der Seite dargestellt. b und b bezeichnen die Bodenplatten, welche durch einige Platinen zusammengehalten werden; a a' ist der das ganze Werk umschließende Glascylinder, B der untere, C der obere Kohlenträger. Eine Feder D zieht, wenn durch die Lampe kein Strom geht, den Träger B hinauf, hält also beide Kohlen

in Berührung. Den Anker zu dem in der Hauptleitung eingeschalteten Elektro-Magneten G bildet ein mit dem unteren Kohlenträger fest verbundenes Eisenstück g; auf diesem befindet sich eine dünne, um h' drehbare Eisenplatte h, welche einen derart geformten Arm K K trägt, daß dieser auf dem Bremsrade E leicht aufruht, wenn die Armatur g vom Elektro-Magnete G angezogen ist. Die Kraft der Feder l ist so bemessen, daß diese und das nach abwärts wirkende Gewicht der Platte h h' sich nahezu das Gleichgewicht halten. Der untere Kohlenträger kann nur so lange aufwärts gezogen werden (durch die Feder D) so lange nicht der an ihm befestigte Ring r gegen die Platte b stößt. Der obere Kohlenträger C trägt eine Zahnstange, die in das unterste Zahnrad des Räderwerkes eingreift. Sein Gewicht ist hinreichend groß, um die Räder in Bewegung zu versetzen. Das Uebersetzungsverhältniß der Zahnräder ist so gewählt, daß einer Umdrehung des Bremsrades eine Bewegung der Kohle um 0·1 Millimeter entspricht.

Fig. 44.



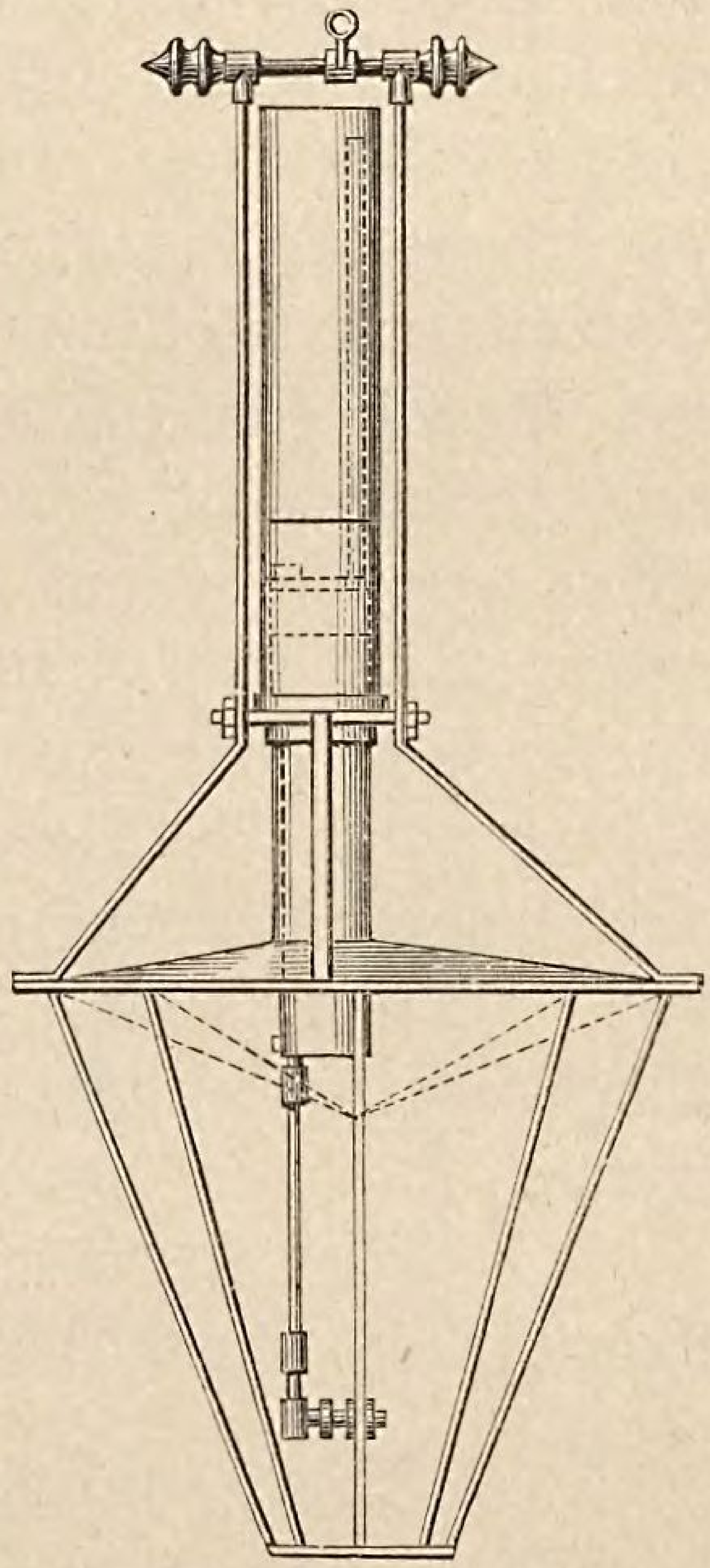
So lange kein Strom durch die Lampe geht, berühren sich beide Kohlen, denn der untere Kohlenträger wird durch

die Feder D aufwärts gezogen bis zum Anschlage des Bundringes r an die obere Deckplatte, und da in dieser Stellung auch die Bremse K nicht zur Wirkung kommt, sinkt der obere Kohlenträger herab. Wird die Lampe in einen Stromkreis eingeschaltet, so geht der Strom durch den Elektro-Magnet und die Masse der Lampe zu der oberen Kohle, dann durch die untere in den von den übrigen Lampentheilen isolirten unteren Kohlenträger und wieder zur Stromquelle zurück. G wird dadurch magnetisch und zieht den Anker g an, sobald die Stromstärke ausreicht, die Kraft der Feder D zu überwinden. Dadurch sind beide Kohlen von einander entfernt worden und die Lampe beginnt zu leuchten. Der obere Kohlenträger kann nicht nachsinken, da die Bremse K das Rad E hemmt. Nun brennen die Kohlen ab und schwächen dadurch den Strom: jetzt überwiegt die Kraft der Feder D die Anziehungskraft des Magnetes G und der Anker g rückt mit dem Kohlenträger B etwas nach oben; dadurch wird aber auch die Wirkung der Bremse K vermindert und der obere Kohlenträger kann sinken. Es haben sich also die beiden Kohlen wieder einander genähert. Bei weiterem Abbrennen derselben wiederholt sich dieser Vorgang immer wieder. Das Vorrücken geschieht jedoch nicht sprungweise, sondern continuirlich, da die Stärke des Elektro-Magnetes genau dem Abbrennen der Kohlen folgend abnimmt, somit auch die Anziehung des Ankers und in Folge dessen die stärkere oder schwächere Wirkung der Bremse K genau der jeweiligen Stromstärke entsprechend stattfindet.

Die Brenndauer der Lampe ist auf fünf Stunden bemessen; wünscht man eine größere, so wird die Lampe durch eine Röhre verlängert, die an ihrem unteren Ende die stromzuleitenden Führungen für die dazu nöthigen langen Kohlenstäbe trägt. Hierdurch bleibt die in den Stromkreis

eingeschaltete Länge der Kohlenstäbe und somit deren Widerstand während der ganzen Brenndauer constant. Dieser Umstand ist wichtig, da der Widerstand von einer 24 engl. Zoll langen Kohle (für acht Stunden) beiläufig 0·3 Ohms beträgt. Eine Abnahme dieses anfänglichen Widerstandes, bis zu einem, der nahezu gleich Null ist, wenn die Kohlen abgebrannt sind, würde auf einen Strom von geringer Spannung ganz erheblich einwirken. Um das Oelen des stets in Bewegung befindlichen Theiles h zu umgehen, weil hierdurch leicht ein Verschmieren eintreten kann, dreht sich dieser zwischen zwei Stahlspitzen.

Fig. 45.



Figur 45 zeigt den eben beschriebenen Regulator in einer Laterne, wie sie zu praktischen Beleuchtungszwecken verwendet wird, angebracht. Die Laterne ist achteckig und hat über dem Lichte einen achteckigen Reflector aus Spiegelglas.

Die Lampe ist, wie sie jetzt beschrieben wurde, nur für Ströme niederer Spannung, also für Einzellichter brauchbar, denn sie arbeitet durch Veränderungen der Stromstärke, verglichen mit der einmal fixirten Spannung der Feder l. Würde man daher mehrere Lampen in einen Stromkreis einschalten, so würde eine Schwächung des Stromes durch eine Lampe das Nachschieben der Kohlen in allen Lampen

mit sich bringen. Um dies zu vermeiden, ersetzt Crompton für Theilungslichter die Feder l durch einen im Nebenschlusse eingeschalteten Elektro-Magnet von einem Widerstande, der 80—100 Ohms beträgt. Durch diesen geht dann immer ein Bruchtheil des Stromes, gleichviel ob letzterer stark oder schwach ist. Aber mit dem Bogenwiderstande ändert sich auch das Verhältniß der Stromstärken in den beiden Magneten und folglich auch die von diesen auf das Stück h ausgeübte Anziehung. Ein hoher Bogenwiderstand (größere Entfernung der Kohlen von einander) wird bewirken, daß die Anziehung des kleinen Elektro-Magnetes überwiegt, also das Stück h gehoben, die Bremsung geschwächt wird und daher die obere Kohle nachsinken kann. Ein geringer Bogenwiderstand (also geringe Entfernung der Kohlen von einander) wird den Magnet G kräftig machen, daher die Bremsung verstärken und ein weiteres Herabsinken der oberen Kohle hemmen. Der Nachschub der Kohlen hängt dann nicht mehr von der Stromstärke im Schließungsbogen ab, sondern von der Differenz der Stromstärken in den beiden Elektro-Magneten, geradeso wie bei der Siemens'schen Differential-Lampe.

In dieser Form ist Crompton's Lampe auch für getheiltes Licht verwendbar.

Lampe von Piette und Křižik.

Bekanntlich strebt eine von einem Strome durchflossene Drahtspirale, einen ihr in axialer Richtung genäherten Eisenstab in sich hineinzuziehen. Hat der Eisenstab einen constanten Querschnitt, so ist die Kraft, mit welcher er in die Spirale hineingezogen wird, verschieden je nach der Lage des Eisenstabes zur Spirale. Diese Kraft ist am stärksten, wenn ein Ende des Stabes mit der Mitte der

Spirale zuſammenfällt, ſie iſt am ſchwächſten, wenn die Mitte des Stabes mit der Mitte der Spirale zuſammenfällt. Anders verhält es ſich aber, wenn der Querſchnitt

Fig. 46.

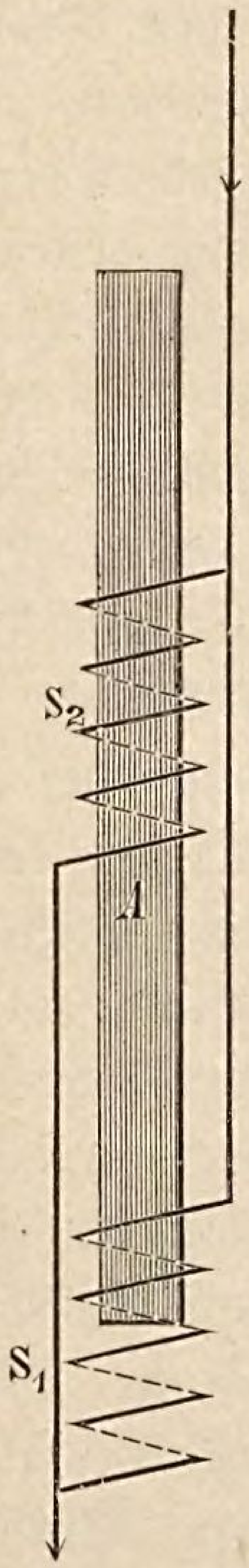


Fig. 47.

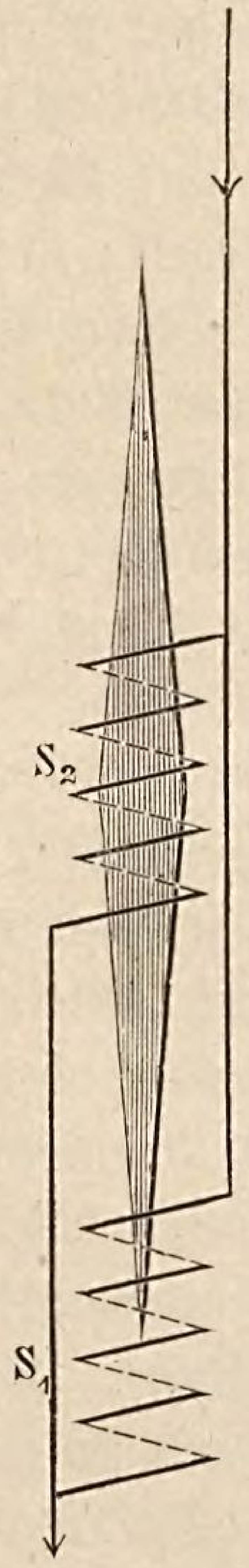


Fig. 48.

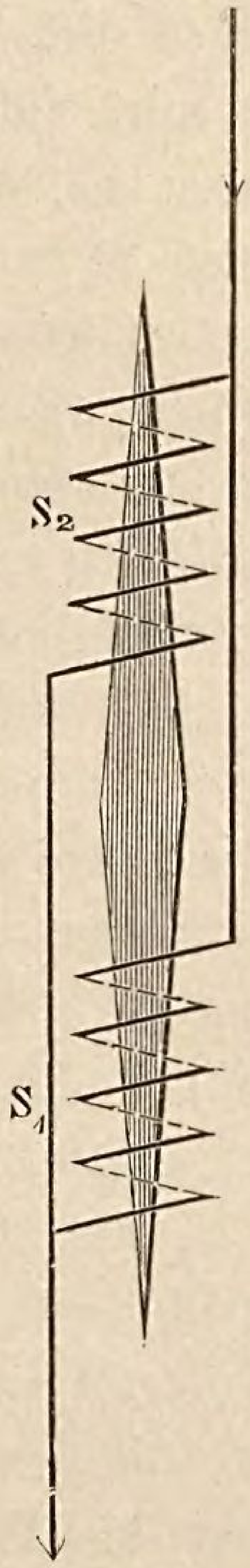
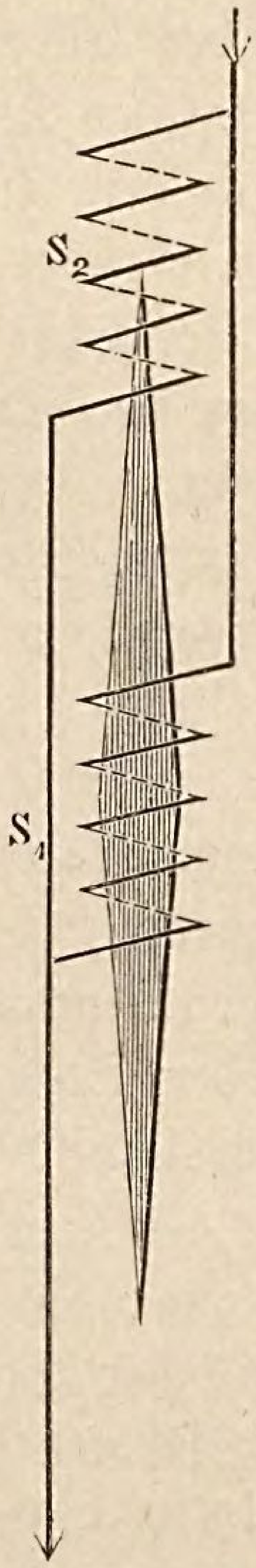


Fig. 49.



des Stabes nicht conſtant iſt, ſondern in dem Maße zunimmt, als die Kraft der Anziehung durch das Solenoid abnimmt. Auf dieſe Art kann ein ſtets gleichmäßiges Vorſchieben des Stabes faſt auf ſeine halbe Länge erreicht werden. Was für die Wirkungsweiſe einer Spirale gilt, hat auch

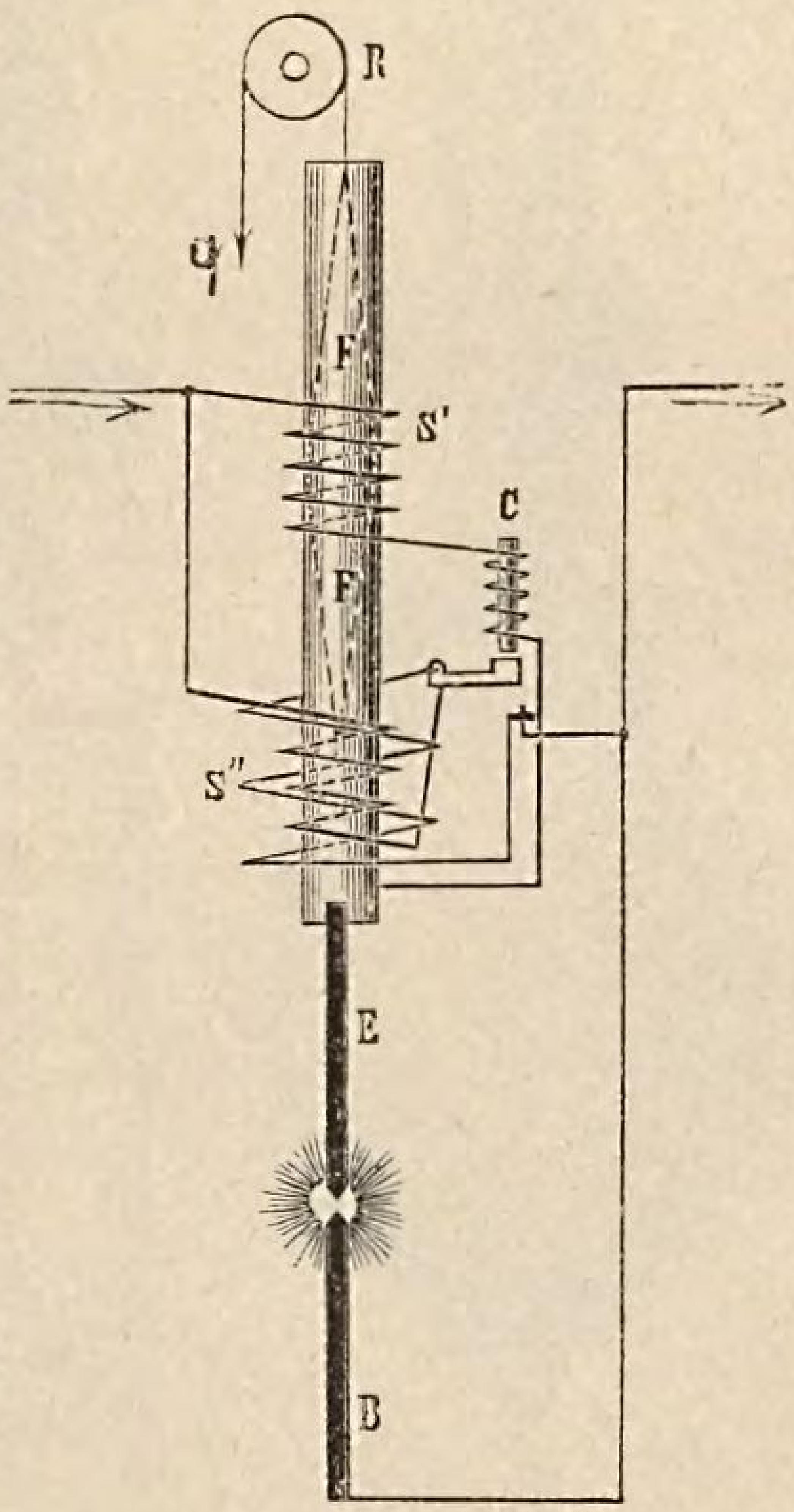
für zwei Spiralen Geltung. In Figur 46 wirken zwei Spiralen S_1 und S_2 auf einen cylindrischen Eisenstab A. Gleiche Stromstärken in beiden Spiralen vorausgesetzt, wird die Spirale S_1 kräftiger wirken als S_2, weil der Eisenstab mit seinem Ende in der Mitte der Spirale S_1 und die Mitte des Eisenstabes sich in der Mitte der Spirale S_2 befindet. Der Stab wird sich daher nach abwärts bewegen.

In den Figuren 47, 48 und 49 hat jedoch der Eisenkern die Gestalt eines Doppelkegels; in Folge dessen nimmt sein Querschnitt in demselben Maße zu oder ab, als die Wirkung der Spiralen ab- oder zunimmt. In allen drei Lagen wird daher der Eisenkern sich in Ruhe befinden, wenn für die Stromstärken in den Spiralen dieselbe Voraussetzung gemacht wird, wie im vorhergehenden Falle. In Figur 47 befindet sich z. B. das untere Ende des Stabes in der Mitte der Spirale S_1, also in der Stellung der größten Anziehungskraft; die Mitte des Stabes fällt mit der Mitte der Spirale S_1 zusammen, ist folglich in der Stellung der geringsten Anziehungskraft durch diese Spirale: es müßte daher der Stab sich nach abwärts bewegen, wenn nicht der Querschnitt des Stabes in der Spule S_2 am größten und in der Spule S_1 am kleinsten wäre. Dieser Umstand gleicht aber die verschiedene Anziehungskraft der Spiralen aus und der Stab bleibt in Ruhe. In Figur 49 haben beide Spiralen ihre Rollen vertauscht und in Figur 48 haben beide Spulen dieselbe Stellung zum Stabe. Der Stab ist somit in allen drei Lagen im Gleichgewichte.

Der Stab kann auch eine andere Form bekommen, um obigen Anforderungen zu entsprechen; hier ist jedoch nur die Form des Doppelkegels von Interesse, da sie zur Construction der im Nachfolgenden beschriebenen Lampe verwendet wurde.

Läßt man nun die Voraussetzung, daß durch beide Spulen ein gleich starker Strom geht, fallen, so kann sich der Stab nicht mehr im Gleichgewichte befinden, sondern muß von jener Spule stärker angezogen werden, durch welche der kräftigere Strom circulirt. Diese Anziehung wird aber stets unabhängig von der Stellung des Stabes zu den Spulen sein, also nur von der Differenzwirkung der Stromstärken in beiden Spulen abhängen.

Fig. 50.



Figur 50 zeigt das Schema einer Lampe, welche unter Anwendung dieses Principes und des doppelt konischen Eisenkernes construirt ist. Letzterer, in der Figur mit F F bezeichnet, befindet sich behufs Führung in einem Messingrohre, in dessen unterem Ende die Kohle E steckt. Das Ganze ist an einer Schnur aufgehängt, die über die Rolle R führt und ein Gegengewicht q trägt, als welches gleich der untere Kohlenträger mit der Kohle B benützt werden kann. Das Solenoid S' ist in den Hauptstrom eingeschaltet, das Solenoid S'' bildet einen Nebenschluß von hohem Widerstande. Bei C ist ein automatischer Unterbrecher angebracht, der den Strom in einen Nebenweg schaltet, wenn der betreffende Lichtbogen erlischt.

Wird die Lampe in den Schließungsbogen einer Lichtmaschine eingeschaltet, so tritt der Strom in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung in die Spirale S' ein, geht durch die Ausschaltungsvorrichtung C zur oberen positiven

Kohle, dann durch die negative Kohle zur Lichtmaschine zurück. Sind die Kohlen] nahe aneinander, ist also der Widerstand im Hauptkreise gering, so wirkt die Spule S' kräftig und zieht dadurch beide Kohlen auseinander; steigt durch das Abbrennen der Kohlen der Widerstand, so geht ein stärkerer Strom durch die Spule S'' von hohem Widerstande und bewirkt ein Zusammenführen der Kohle. Die Regulirung des Bogens erfolgt also auch bei dieser Lampe durch die Differenzwirkung zweier Solenoide von verschiedenem Widerstande, deren eine in eine Nebenschließung eingeschaltet ist.

Fig. 51.

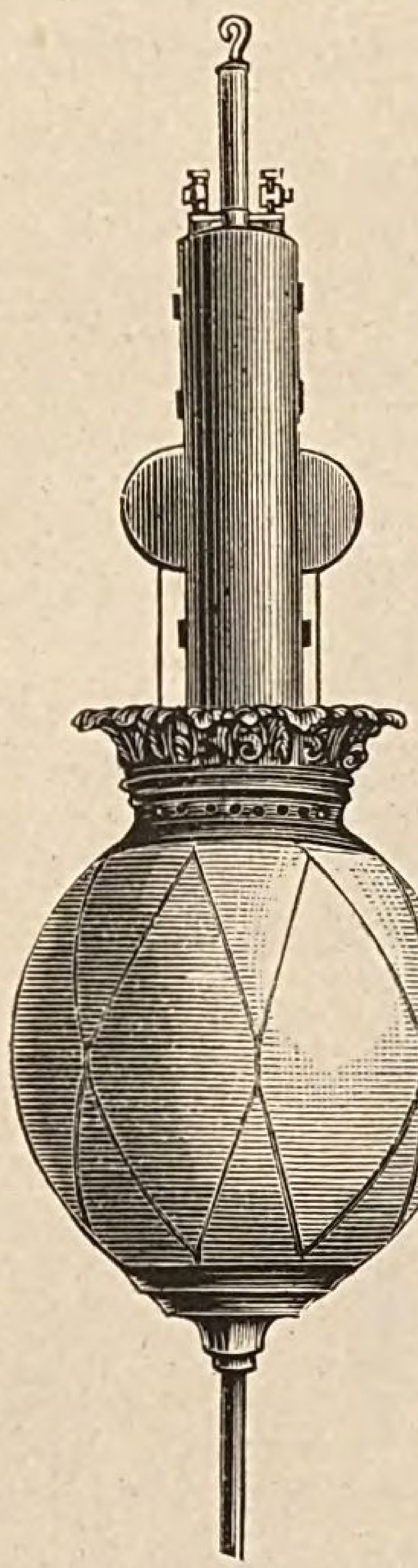
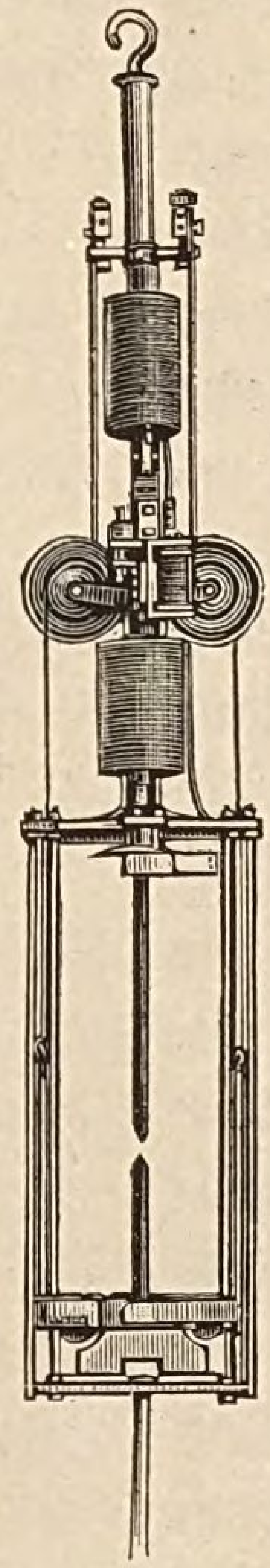


Fig. 52.



Die Ausführung dieser Lampe für praktische Beleuchtungszwecke zeigen die Figuren 51 und 52. Dieselben bedürfen nach dem vorher Gesagten wohl kaum einer näheren Erläuterung. Es mag allenfalls noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß der Stab mit der oberen Kohle am Umfange zweier Rollen gleitet, während der Schnurlauf, durch welchen der untere Kohlenträger mit dem oberen verbunden ist, über Scheiben geht, die auf den Achsen der ersterwähnten Rollen sitzen, deren Radien aber nur halb so groß sind, als die der Rollen. In Folge dessen legt auch die untere, negative Kohle

immer nur den halben Weg der oberen positiven Kohle zurück und der Voltabogen verändert daher nie seinen Platz.

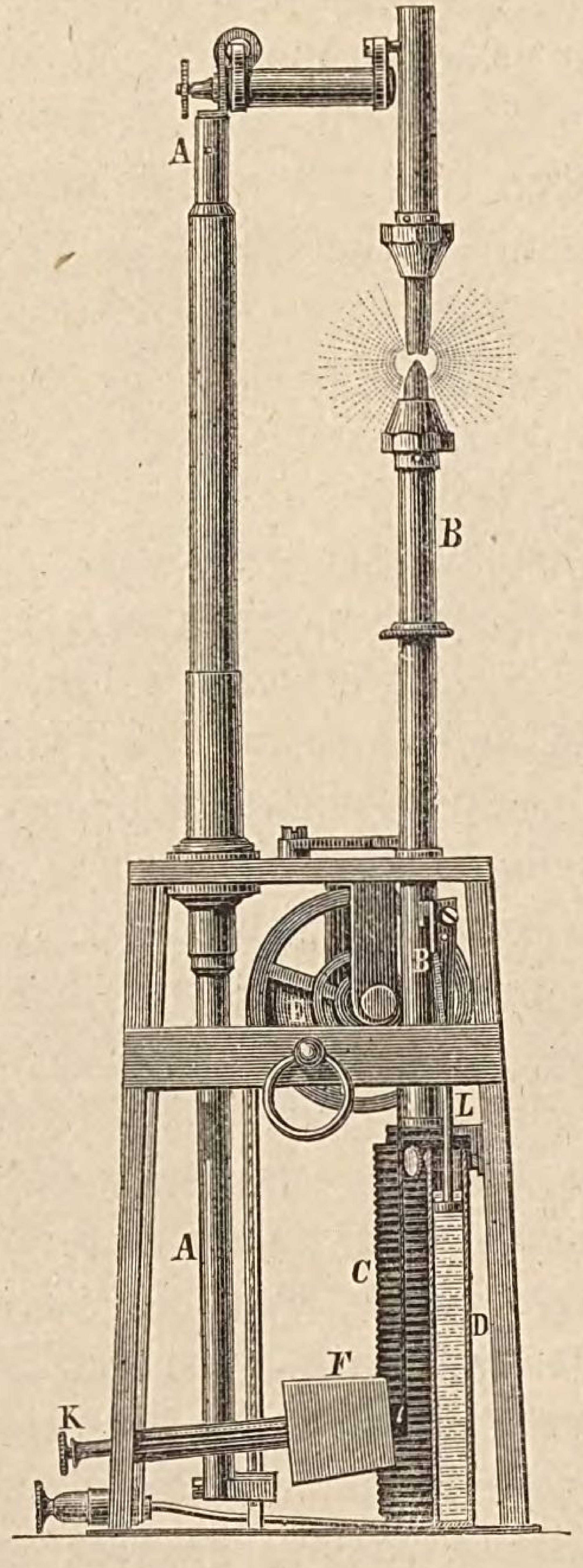
Die Anwendung der Differentialspulen mit der Einschaltung einer derselben in eine Nebenschließung ermöglicht die Anwendung dieser Lampe für getheiltes Licht. Die Lampe zeichnet sich durch überraschende Einfachheit ihrer Construction und den Mangel jedes Räderwerkes, jeder mechanischen Auslösung oder Uebersetzung aus und erzeugt ein sehr ruhiges, mildes Licht.

Lampe von Jaspar.

Die obere positive Kohle ist an dem Träger A (Fig. 53) angebracht und läßt sich durch Schrauben genau über der unteren Kohle befestigen. Der Träger A ist von den übrigen Theilen der Lampe vollständig isolirt und wird mit dem positiven Pole der Elektricitätsquelle verbunden. An seinem unteren Ende trägt er einen Ansatz, der an einer Führungsstange gleitet, um das Drehen des Kohlenhalters zu vermeiden. Von diesem Ansatze geht eine Schnur zum Umfange einer Scheibe, auf deren Achse noch eine zweite Scheibe, aber nur vom halben Durchmesser der ersten sich befindet; die Schnur an ihrem Umfange führt zum unteren Kohlenträger B. Auf diese Art muß auch bei dieser Lampe wieder die untere negative Kohle stets den halben Weg der oberen positiven Kohle zurücklegen. Als Gegengewicht zum Gewichte des Kohlenträgers A wirkt das Laufgewicht F; der Hebel, auf welchem das Laufgewicht sitzt, ist nämlich durch eine Schnur mit einer dritten Scheibe verbunden, die ebenfalls auf der Achse der beiden ersterwähnten Scheiben befestigt ist. Die Schraube K dient dazu, das Gewicht F auf seinem Hebel zu verschieben und dadurch seine Zugkraft zu ver-

mehren oder zu vermindern, je nachdem es die angewandte Stromstärke erfordert.

Fig. 53.



Der negative untere Kohlenträger B ist aus Eisen und taucht in das Solenoid C. So lange kein Strom durch die Lampe geht, überwiegt das Gewicht des Trägers A und dieser sinkt herab; in Folge seiner Verbindung durch die Schnurläufe muß gleichzeitig der Träger B gehoben werden und die beiden Kohlen berühren sich. Schaltet man jetzt die Lampe in einen Stromkreis, so wird der Träger B in das Solenoid hineingezogen, B sinkt also und A muß deshalb steigen: die Kohlen gehen auseinander und die Lampe beginnt zu brennen. Damit die Bewegung nicht zu rasch erfolgt, ist an dem Träger B eine Stange L befestigt, welche unten einen Kolben trägt; dieser bewegt sich mit geringem Spielraume in dem mit Quecksilber gefüllten Cylinder D. Da auf diese Weise das Quecksilber nur durch den engen ringförmigen Raum zwischen Kolben und Cylinderwand passiren kann, wird auch die Stange L und somit der Träger B zu einem langsamen, gleichförmigen Gange gezwungen.

In dem Maße, als die Kohlen verzehrt werden, wächst auch die Länge des Voltabogens, die Stromstärke nimmt ab und das Solenoid verliert an Kraft. Jetzt kann das Gewicht der Stange A wieder die Anziehungskraft des Solenoides überwinden, weshalb die obere Kohle sinken und die untere Kohle steigen wird, d. h. also, die Kohlen werden ihrem Abbrennen entsprechend nachgeschoben. Nun ist, wie bei der Lampe von Piette und Křižik erwähnt wurde, die Anziehungskraft einer Spirale auf einen Eisenstab von gleichem Querschnitte verschieden je nach der Stellung des Eisenstabes zur Spirale. Beginnt die Lampe mit frisch eingesetzten Kohlen zu brennen, so befindet sich der Kohlenträger B in seiner tiefsten Stellung; sind die Kohlen nahezu abgebrannt (welchen Moment die Figur 51 zeigt), so ist er in seiner höchsten Stellung angelangt. In diesem Stadium wird deshalb die Einwirkung des Solenoides auf den eisernen Kohlenträger eine viel kräftigere sein, als zum Beginne des Brennens der Lampe. Daraus würde aber zu Ende der Brenndauer ein viel längerer Voltabogen resultiren als zu Beginn derselben. Diesen Uebelstand vermeidet Jaspar auf ebenso einfache als sinnreiche Weise. Die Scheibe, welche den Schnurlauf aufnimmt, trägt nämlich ein Gewicht E, welches, wie die Zeichnung zeigt, für das Ende der Brennzeit auf der linken Seite der Drehachse sich befindet. Es wirkt also mit seinem vollen Gewichte der Anziehung des Solenoides entgegen und unterstützt die Wirkung des Gewichtes von A. Am Beginne der Brennzeit steht die Scheibe so, daß sich das Gewicht E auf der rechten Seite von der Drehachse befindet, also mit seiner ganzen Schwere im Sinne der Anziehung des Solenoides wirkt. Im ersteren Falle ist also die Anziehung des Solenoides am größten, aber auch die Gegenwirkung des

Gewichtes E am stärksten, und im letzteren Falle ist die Anziehung des Solenoides am schwächsten, aber dafür wird sie auch durch das Gewicht E unterstützt.

Während des Brennens nimmt die Anziehung des Solenoides stetig zu, die Unterstützung dieser Wirkung durch das Gewicht aber stetig ab, denn mit dem Abbrennen der Kohlen dreht sich auch die Scheibe und das Gewicht wird gehoben; damit ist aber eine stetige Abnahme der wirksamen Kraftcomponente von E verbunden. Dies geht solange fort, bis E senkrecht über seine Drehungsachse angelangt ist. Hier hört seine Gegenwirkung auf. Brennt die Lampe länger fort, so gelangt das Gewicht E auf die linke Seite und wirkt nun der inzwischen weiter gewachsenen Anziehungskraft des Solenoides entgegen. Im selben Maße, als letztere sich vermehrt, wächst auch die Gegenwirkung des Gewichtes.

Auf diese Art erzielt also Jaspar trotz der Eisenstange von unveränderlichem Querschnitte doch eine stets gleich bleibende Bewegung im Kohlennachschube. Das Gewicht E ist überdies noch in radialer Richtung verstellbar, so daß dadurch und durch Verstellung des Gewichtes F mittelst der Schraube K dieselbe Lampe für verschiedene Stromstärken Verwendung finden kann.

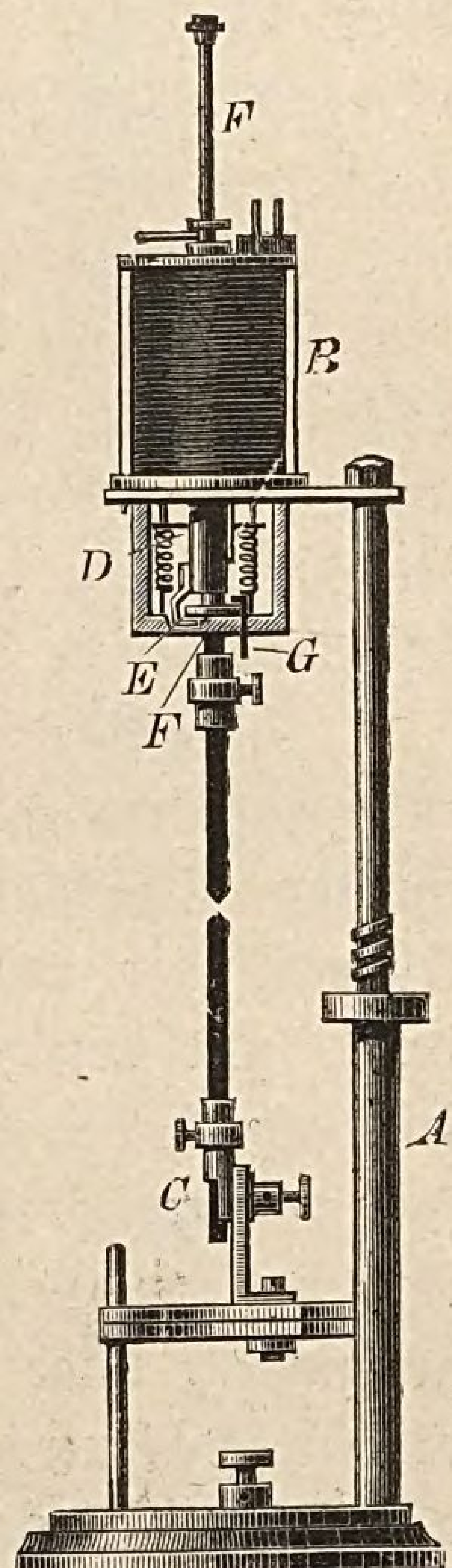
Einige Organe von untergeordneter Bedeutung sind in der Zeichnung weggelassen, um die Deutlichkeit nicht zu beeinträchtigen. Der Regulator zeichnet sich durch große Empfindlichkeit und Sicherheit des Betriebes aus.

Lampe von Brush.

In einer verticalen Säule A (Figur 54) läßt sich eine mit Schraubengewinde versehene Stange höher oder tiefer stellen. Dieselbe trägt oben eine horizontale Platte aus

einem isolirenden Materiale. Auf dieser ist das Solenoid B befestigt und unter derselben der übrige Regulirungs-Mechanismus. Ein gleichfalls horizontaler Arm, unten am Gestelle befestigt, hält den isolirt aufgesetzten unteren Kohlenträger C. In das Solenoid taucht ein Cylinder D aus Schmiedeeisen, der unten mit einem kleinen Haken versehen ist. Zwei Spiralfedern drücken gegen die horizontalen Arme des Cylinders und hindern diesen, herabzufallen. Der Haken greift unter einen Frictionsring E aus Messing, dessen centrale Durchbohrung so weit ist, daß der obere Kohlenträger F mit ein klein wenig Spielraum durchgleiten kann. Die Aufwärtsbewegung des Ringes wird durch eine Schraube G in beliebiger Höhe gehemmt; unten ruht der Ring auf der Grundplatte des den Mechanismus umschließenden Cylinders auf. Der obere Kohlenträger kann sich innerhalb des schmiedeeisernen Cylinders vollkommen frei bewegen. Das Solenoid besitzt doppelte Windungen, die inneren aus dickem Drahte in den Hauptstrom eingeschaltet, die äußeren aus dünnem Drahte derart im Nebenschlusse angebracht, daß die Stromrichtung die entgegengesetzte ist, wie in der Spirale aus dickem Drahte.

Fig. 54.



Die Wirkungsweise der Lampe ist folgende: So lange kein Strom durch die Lampe geht, ruht die obere Kohle auf der unteren, da der Kohlenträger F vermöge seiner Schwere herabsinkt. Wird nun die Lampe in einen Stromkreis

eingeschaltet, so geht ein kräftiger Strom durch das Solenoid mit dicken Drähten und nur ein schwacher durch den dünnen Zweigdraht.

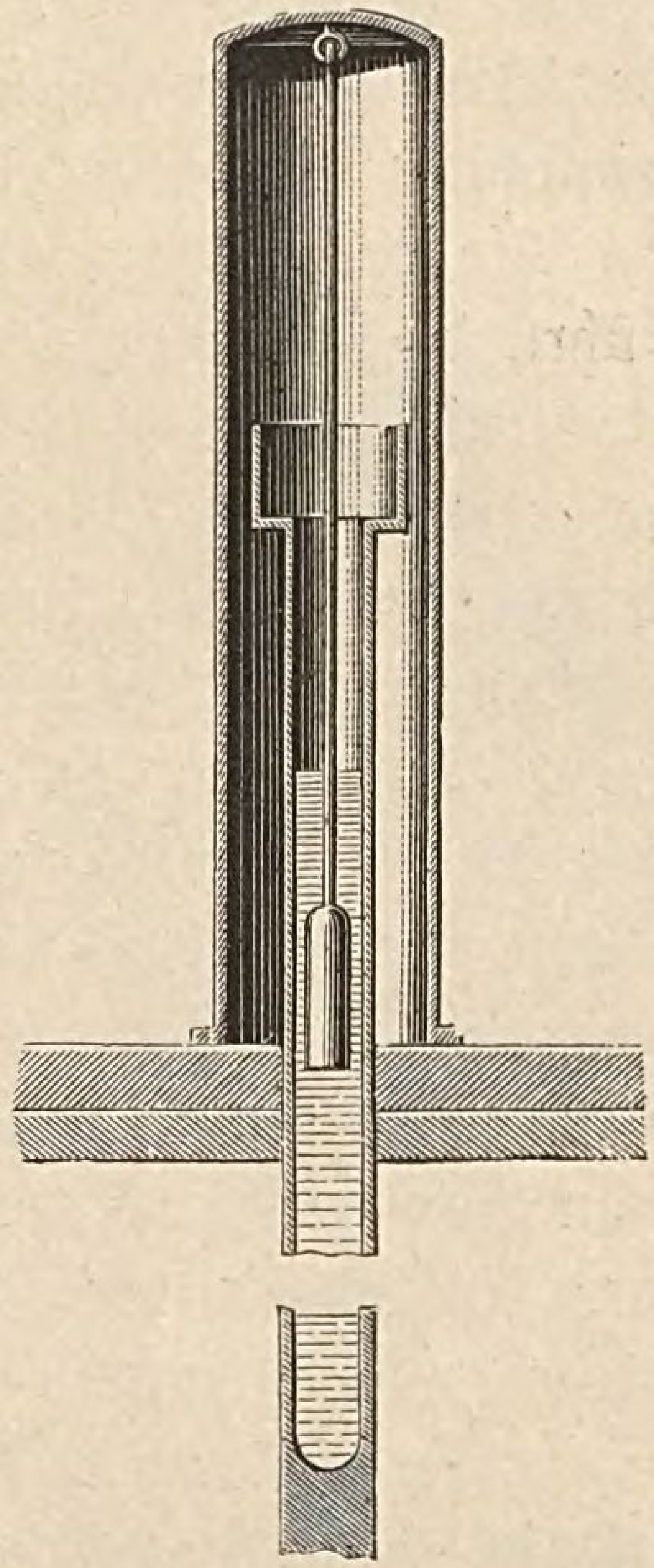
Da die Richtungen der beiden Solenoid-Ströme einander entgegengesetzt sind, wird das Solenoid mit der Differenz der magnetischen Momente beider Ströme auf den Eisencylinder wirken und diesen hineinziehen. Dadurch wird der Frictionsring einseitig gehoben, klemmt den oberen Kohlenträger ein und nöthigt dadurch diesen, an der Aufwärtsbewegung theilzunehmen. Die Kohlen werden also von einander entfernt und der Voltabogen entsteht. In dem Maße, als die Kohlen abbrennen, vergrößert sich der Widerstand im Hauptstromkreise und schwächt dadurch das magnetische Moment der Spule mit dickem Drahte; der Zweigstrom im dünnen Drahte gewinnt an Intensität und das magnetische Moment dieser Spirale wächst.

Da die Stromrichtungen in beiden Drähten einander entgegengesetzt gerichtet sind, schwächen sie sich gegenseitig und die Gesammtwirkung des ganzen Solenoides auf den Eisencylinder nimmt ab. In Folge dessen sinkt derselbe herab und nimmt hierbei den oberen Kohlenträger mit, wodurch die beiden Kohlen wieder einander genähert werden. Im weiteren Verlaufe dieser Bewegung stößt der Frictionsring auf die Grundplatte und erhält dadurch wieder seine horizontale Lage. Dadurch wird aber die Klemmung des oberen Kohlenträgers aufgehoben und dieser kann durch den Ring so lange herabgleiten, bis die Kohlen einander so nahe gekommen sind, daß wieder der normale Widerstand im Hauptstromkreise herrscht und in Folge dessen das Solenoid mit dickem Drahte durch den nunmehr kräftigen Strom in Stand gesetzt wird, den Eisencylinder neuerdings zu heben.

Bei normalem Gange der Lampe wird die ganze Bewegung darin bestehen, daß der Frictionsring sich in regelmäßigen Zwischenpausen einseitig hebt und das Abwärtsgleiten des oberen Kohlenhalters hemmt.

In neuester Zeit wurde die Construction der Brush'schen Lampe dahin abgeändert, daß der obere Kohlenträger nicht durch das Solenoid, sondern neben diesem vorbei geführt wird.

Fig. 55.



Derselbe Kohlenträger ist ferner in seinem oberen Theile hohl und mit Glycerin gefüllt, in welchem sich ein an einer den Träger umgebenden Hülse aufgehängter Kolben bewegt (Fig. 55). Zweck der Einrichtung ist: Dämpfung der Bewegung.

Die Bewegung des Ringes wird durch den Anker des Solenoides geregelt und die Bewegung des Ankers durch Luftwiderstand gedämpft.

Sollte die Lampe durch irgend einen Umstand erlöschen, so sorgt ein Nebenschluß dafür, daß der Strom nicht unbenützt die dünndrähtige Spirale durchläuft.

Die verkupferten Kohlenstäbe, welche Brush verwendet, sind 12 Zoll (engl.) lang und dauern acht Stunden; für längere Brenndauer sind die Lampen so eingerichtet, daß sich ein zweites Kohlenpaar automatisch entzündet, wenn das erste abgebrannt ist.

2. Gruppe: Elektrische Kerzen.

Weniger wichtig für die Praxis, als die Regulatoren, aber darum interessant, weil sie den ersten gelungenen Versuch der Theilung des elektrischen Lichtes darstellen, sind die elektrischen Kerzen. Trotz ihrer scheinbaren Einfachheit können sie heutzutage, wo eine größere Anzahl von Lampen das Problem der Theilung des elektrischen Lichtes in vorzüglichster Art gelöst hat, nicht mehr empfohlen werden, da ihre Anwendung eine Reihe von Uebelständen mit sich führt, die sehr lästig werden können. Das Licht ist unruhig, flackernd und wechselt häufig die Farbe; erlischt eine Kerze, so erlöschen im selben Stromkreise alle, oder wenn dies durch irgend welche Vorrichtungen mehr oder weniger sicher verhindert wird, zündet sich eine einmal erlöschte Kerze nicht mehr selbstthätig an. Die elektrischen Kerzen bedürfen der Wechselstrom-Maschinen, weshalb sie auch alle Nachtheile, welche die Anwendung dieser mit sich bringt, zeigen müssen. (Siehe Seite 94.) Sie werfen ihr Licht nach oben, statt gegen den Boden. Dieser Uebelstand ist bei der Kerze von Jamin allerdings vermieden, dafür entbehrt diese aber der Einfachheit der Jablochkoff-Kerze, ohne die Vorzüge einer gut construirten Regulatorlampe zu besitzen.

Ferner brennen die Kohlen in der Kerze viel schneller ab als in einem Regulator und machen dadurch den Betrieb einer Beleuchtungsanlage viel theuerer als die Anwendung von Regulatoren. Die Mängel, welche die Kerzen in ihrer Schaltungs- und Verbindungsweise zeigen, werden im nächsten Abschnitte besprochen werden.

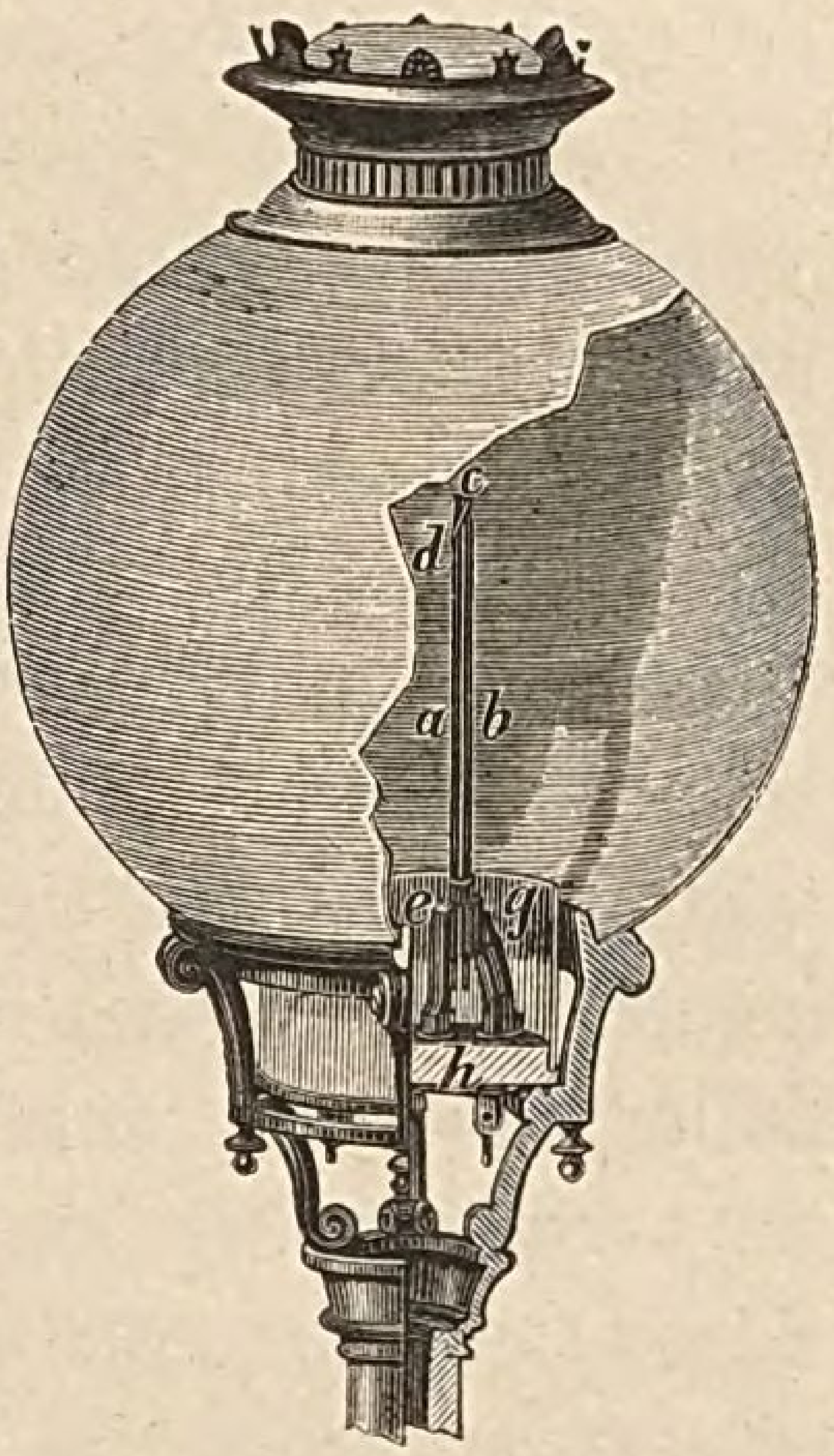
Der Grund ihrer gegenwärtig großen Verbreitung liegt darin, daß sie zur Zeit ihrer Erfindung thatsächlich das Beste waren, was man bis dahin geleistet hatte. Jetzt dürften sie wohl binnen kurzer Zeit durch die Regulatoren

und Glühlampen verdrängt werden. Dies ist auch der Grund, warum im Nachfolgenden nur die zwei hervorragendsten Constructionen angeführt werden.

Kerze von Jablochkoff.

Die Kerze besteht aus zwei parallelen Kohlenstäben a, b (Fig. 56), die durch eine Schichte Pariser Gyps von einander isolirt sind. Das untere Ende jedes Kohlenstabes steckt in einem Messingröhrchen, gegen welche zwei Metallklemmen e und g federnd drücken. Durch letztere erfolgt die Zuleitung des Stromes in die Kerze; sie ist auf einer durchscheinenden Platte h befestigt. Um die Kerze anzünden zu können, befindet sich am oberen Ende derselben ein quer über beide Kohlenspitzen gelegtes Graphitblättchen c, das durch eine übergeklebte Papierschlinge d in seiner Lage erhalten wird.

Fig. 56.



Wird die Kerze in den Stromkreis eingeschaltet, so geht der Strom von dem einen Kohlenstäbchen durch das Graphitblättchen zum zweiten und wieder zur Stromquelle zurück; das Graphitblättchen wird glühend und verdampft. Nun bildet sich zwischen beiden Kohlen der Voltabogen, welcher durch seine Hitze die isolirende Zwischenschichte zum Schmelzen und Verdampfen bringt. Letztere wird in demselben Maße verzehrt, als die Kohlen abbrennen. Da aber die positive Kohle beiläufig noch einmal so schnell abbrennt als die negative, so mußte erstere, um

ein gleichmäßiges Abbrennen beider Kohlen zu erreichen, von doppelt so großem Querschnitte als letztere genommen werden. Das Verhältniß ist jedoch kein genaues, die Kerzen brennen deshalb doch ungleichförmig und so mußte man zu Wechselströmen seine Zuflucht nehmen, durch welche bekanntlich beide Kohlen spitz und gleich schnell abbrennen. Carré, welcher die Fabrikation dieser Stäbchen übernommen hat, macht sie in einer Länge von 220—225 Millimeter bei einem Durchmesser von 4 Millimeter. Eine Kerze brennt bei einer Lichtstärke von 100 Carcelbrennern $1\frac{1}{2}$ Stunden.

In einen Stromkreis können mehrere Kerzen eingeschaltet werden und die Summe der Lichtintensität aller Kerzen ist größer als jene Intensität, welche im selben Stromkreise erhalten würde, wenn man nur eine Kerze eingeschaltet hätte. Es rührt dies daher, daß nicht nur der Voltabogen zwischen beiden Kohlen leuchtet, sondern auch die verdampfende Gypsschichte zur Gesammtlichtstärke beiträgt. Wegen der kurzen Brenndauer einer Kerze werden immer mehrere Kerzen in einer Lampe angebracht. Die Mittel, die man anwendet, um das Erlöschen der Kerzen zu verhüten und eine Kerze nach der anderen in den Stromkreis einzuschalten, werden im nächsten Capitel angegeben werden.

Kerze von Jamin.

Jamin hat eine Kerze construirt, bei welcher sich die beiden Kohlen in derselben gegenseitigen Lage befinden, wie bei der vorbesprochenen, aber die isolirende Zwischensubstanz ist weggelassen.

Würde man einfach zwei Kohlenstäbe parallel nebeneinander stellen und den Voltabogen zwischen beiden entstehen

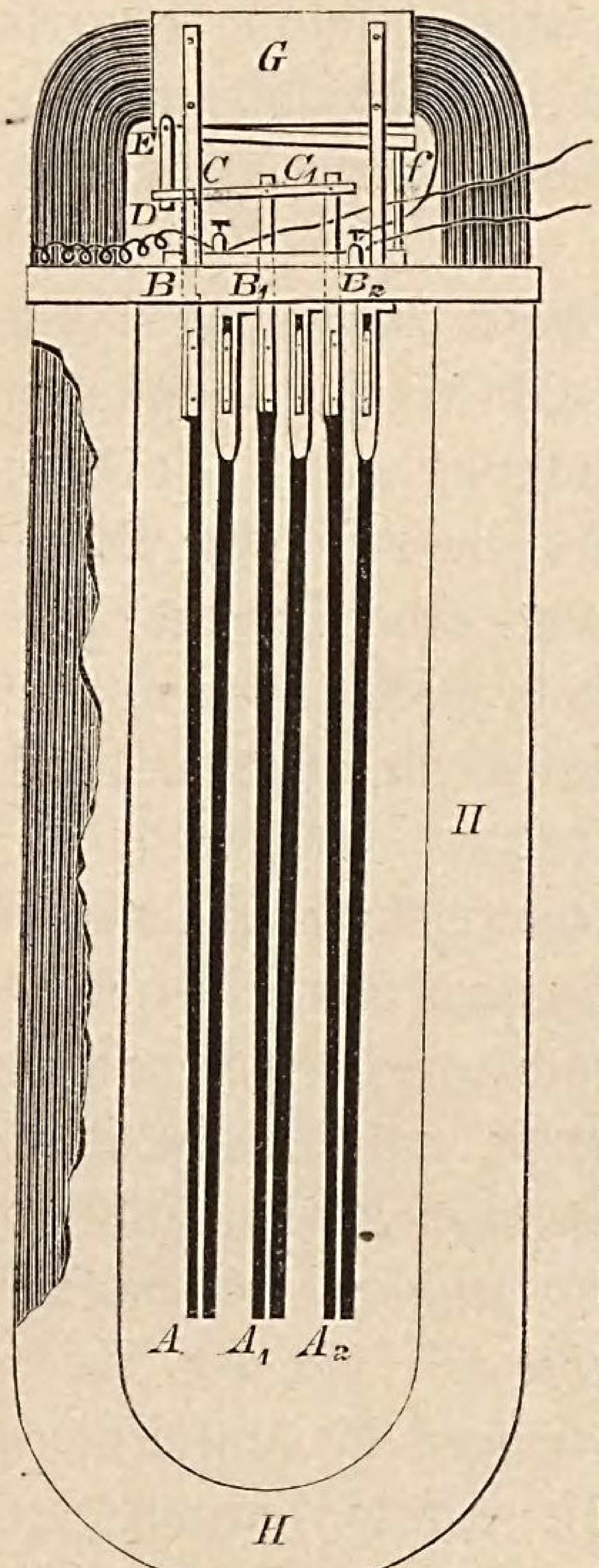
machen, so könnte man damit keine brauchbare Beleuchtung hervorbringen, da der Bogen nicht an einer Stelle bleibt, sondern beständig zwischen beiden Stäben auf- und abzucken würde. Dies vermeidet nun Jamin in höchst sinnreicher Weise durch geschickte Anwendung der Ampère'schen Gesetze. Ohne auf diese näher einzugehen, mag beiläufig bemerkt werden, daß der Voltabogen sich gegen einen Magnet geradeso verhält, wie ein leichtbeweglicher, von einem elektrischen Strome durchflossener Draht.

Stellt man daher unter den Bogen, der zwischen den Kohlenstäben glüht, einen Magnet und läßt den Strom zwischen beiden Kohlen in entsprechender Richtung gehen, so kann man bewirken, daß der Voltabogen an eine bestimmte Stelle, z. B. die beiden Spitzen der Kohlen, gebracht und dort festgehalten wird. Wie wir wiederholt gesehen haben, läßt sich ein Magnet auch durch eine Drahtspirale ersetzen, durch welche ein Strom in bestimmter Richtung circulirt.

Dieses Verhalten und die letzterwähnte Eigenschaft des Voltabogens hat Jamin zur Construction seiner Kerze benützt. Eine Schieferplatte trägt nach unten eine kupferne Hülse HH (Fig. 57), die abgeplattet ist, um die Schattenbildung möglichst zu verhindern, und oben in eine Hülse G aus weichem Eisen übergeht. Ihr gegenüber befindet sich eine Eisenplatte Ef, durch den Hebel ED mit der Querstange CC_1 verbunden; an letzterer hängen die linksseitigen Kohlen AB, $A_1 B_1$ und $A_2 B_2$. Die rechtsseitigen Kohlen sind an der Schieferplatte befestigt. In den Hülsen HH und G gehen 15 bis 20 Drahtlagen herum, welche beim Gebrauche der Kerzen in den Stromkreis eingeschaltet werden. Wenn kein Strom durch die Drahtwindungen geht, sinkt die Platte EF durch ihr Eigengewicht herunter und bewegt durch den Hebel ED die Querstange CC_1 derart, daß die

daran befestigten linksseitigen Kohlen an ihren unteren Enden mit den vertical feststehenden rechtsseitigen Kohlen zur Berührung kommen oder richtiger, daß ein Paar an seinen Spitzen sich berührt.

Fig. 57



Sobald aber der Strom durch die Windungen kreist, wird die Hülse G magnetisch und zieht die Platte Ef an; dadurch werden sämmtliche Kohlenpaare von einander getrennt und es entsteht zugleich an der Spitze jenes Paares, dessen Kohlenstäbe sich berührt haben, der Voltabogen. Er entsteht am unteren Ende des Paares und bleibt stets an demselben, weil er durch die Einwirkung des Solenoides in H.. dort festgehalten wird. Ist das Kohlenpaar abgebrannt, so erlischt der Voltabogen und mit ihm der Kreislauf des Stromes; im selben Momente verliert aber auch die Hülse G ihren Magnetismus und läßt die Platte Ef los, in Folge dessen ein nächstes Kohlenpaar zur Berührung kommt und dadurch den Strom wieder herstellt. Er circulirt jetzt durch dieses Kohlenpaar und wirkt geradeso wie im ersten. Erlischt durch irgend einen Umstand eine Kerze, so zündet sich diese oder die nächste selbstthätig sofort wieder an. Das Licht wird nach unten geworfen. Die Jamin'sche Kerze hat also die letzterwähnten beiden Vorzüge gegenüber der Jablochkoff-Kerze voraus. Zum

Speisen der Kerzen müssen aber auch hier Wechselstrom-Maschinen verwendet werden, um ein gleichmäßiges Abbrennen der Kohlen zu ermöglichen. Diese sowohl, als auch die Jablochkoff-Kerzen brennen, weil der Abstand beider Kohlen von einander ein gegebener, unveränderlicher ist, nur bei einer ganz bestimmten Stromstärke gut.

3. Gruppe: Glühlichtlampen mit unvollkommener Leitungsfähigkeit.

In dieser Gruppe von Lampen wird dadurch Licht erzeugt, daß man einen Leiter von hohem Widerstande in den Stromkreis einschaltet und dadurch zum Glühen bringt. Jeder von einem Strome durchflossene Leiter wird von diesem erwärmt; ist dessen Leitungsfähigkeit eine genügend hohe, so ist die Erwärmung kaum nachweisbar, ist sie aber gering, so kann der Leiter bis zum Glühen und Schmelzen erhitzt werden. Unter der Voraussetzung desselben Materials nimmt die Erwärmung eines bestimmten Theiles des Leiters zu mit dem Quadrate der Stromstärke und mit der Größe des Widerstandes, welchen der Leiter dem Durchgange des Stromes entgegensetzt. Der Widerstand hängt unter Anderem auch vom Querschnitte ab und je dünner ein Draht ist, desto leichter und desto heftiger geräth er in's Glühen.

Die Benützung dieser Thatsachen zur Construction von Lampen ist nicht neu, sondern es hat schon im Jahre 1841 F. Moleyns in Cheltenham auf eine Lampe sich ein Patent geben lassen, welche darauf beruhte, daß auf eine glühende Platinspirale feines Kohlenpulver fiel. Darauf wurden eine ganze Reihe von Glühlichtlampen construirt, die aber alle zu keiner praktischen Verwendung kamen; so erdachten derartige Lampen: King 1845 unter Benützung

von glühenden Kohlenstäbchen im Vacuum, Greener und Staite 1846 eine Lampe, ähnlich der King'schen, Petrie 1848 mit Irridium, Draper und Maxim 1847 respective 1877 mit Platindraht und endlich Swan 1877 eine Lampe mit Kohlenbogen im Vacuum. 1878 erst gab Edison, den die amerikanische Reclame als den Erfinder der Glühlampen pries, in seinem Patente eine ganze Reihe von Constructionen an, worunter jedoch keine praktisch verwendbare sich befand.

Gegenwärtig sind aber die Glühlichtlampen mit Kohlenbögen im Vacuum derart verbessert, daß ihre praktische Anwendung in vielen Fällen empfohlen werden kann. Die Pariser Ausstellung vom Jahre 1881 und viele praktische Beleuchtungsanlagen sprechen sehr zu ihren Gunsten. Die Lampen leisten nun wirklich das, was vor einigen Jahren die verfrühte Reclame der Amerikaner glauben machen wollte.

Die Vorzüge, welche die elektrische Beleuchtung überhaupt gegenüber jeder anderen Beleuchtungsmethode aufzuweisen hat, wurden bereits hervorgehoben. Die Glühlichtlampen, oder wie man sie kurzweg nennt, die Glühlampen, haben aber noch ganz specielle Vorzüge. Sie leuchten absolut ruhig, ein Flackern oder Zittern kann nie eintreten, ihr Licht ist rein weiß oder nähert sich seiner Farbe nach dem Gaslichte, violette Nuancen kommen nie vor. Sie sind absolut feuersicher, da der glühende und leuchtende Kohlenbogen in der Glasbirne hermetisch eingeschlossen ist.

Ihre Installirung ist äußerst einfach zu bewerkstelligen, und dürfte sich nicht leicht ein Fall ergeben, wo diese irgend welche Schwierigkeiten darbieten würde. Im Gegentheile, sie schmiegt sich jeder etwa schon vorhandenen Beleuchtungseinrichtung spielend an. An den Beleuchtungsapparaten, nämlich Lustern, Candelabern, Wandarmen ꝛc. braucht

nahezu nichts geändert zu werden; an Stelle eines jeden Brenners oder jeder Kerze setzt man einfach eine Glühlampe.

Sollte nicht die Anwendung dieser die zweckmäßigste Beleuchtungsart für Theater und ähnliche Räume bilden und die radicalste Vermeidung einer Feuersgefahr sein?

Die Betriebssicherheit einer derartigen Beleuchtung ist, sobald die Anlage nur halbwegs verständig gemacht wird, um kein Haar geringer als die der Gasbeleuchtung. Und was für ein prächtiger Effect wird hiermit erzielt!

Dabei hat man die Regulirung der Lichtstärke, ein für Theater wichtiges Moment, vollkommen in der Hand. Die bedeutende Erhitzung der Luft am Schnürboden ist vermieden, die Holzwerke, Taue, Zeuge 2c. werden deshalb auch nicht so ausgetrocknet und förmlich zu Zunder präparirt, die Luft bleibt unverdorben, die Farben behalten ihr natürliches Aussehen, da, wie schon erwähnt, das Glühlicht weiß ist und nicht den violetten Schein besitzt, wie manche sonst sehr gute und brauchbare Regulatorlampe. Auch bedürfen die Glühlampen nicht so hoch gespannter Ströme, wie einige der letzterwähnten Regulatoren.

Das Verfärben der Gemälde, das Mattwerden metallischer Theile, herbeigeführt durch die Verbrennungsproducte des Leuchtgases, werden vermieden. Die theueren Ventilationsanlagen, die wegen der Erzeugung irrespirabler Gase einerseits und der Entwicklung zu großer Wärme andererseits angewendet werden müssen, können bedeutend vereinfacht werden, wenn statt der Gasbeleuchtung die elektrische Beleuchtung eingeführt wird; es fällt dies vom sanitären Standpunkte umso schwerer in's Gewicht, als trotz der oft sehr sinnreichen Ventilationsvorrichtungen die Erneuerung der Luft in sehr ungenügender Weise stattfindet.

Die Beleuchtung eines ganzen Theaters durch Glühlampen, unterstützt von großen Regulator-Lampen, deren Licht nicht direct benützt wird, sondern durch Reflexion den Raum erhellt, ist heutzutage ohne Zweifel praktisch durchführbar. (Siehe Cap. VI.)

Ein anderes Beispiel, wo die elektrische Beleuchtung speciell mit Anwendung von Glühlampen besondere Vortheile darbietet, ist ein lithographisches Atelier. Die Handhabung der Farben, welche jetzt in der Lithographie so häufig zur Verwendung kommen, ist bei Gasbeleuchtung äußerst schwierig, während die elektrische Beleuchtung alle Farben so erscheinen läßt wie das Sonnenlicht. Das würde nun allerdings auch durch einige große Regulatorlampen erreicht, die das ganze Local in einem bestimmten Grade erhellen würden; damit ist aber nicht gedient: der Setzer muß eine Lampe haben, mit welcher er bald dorthin, bald dahin leuchten kann, der Corrector will eine bewegliche Lampe haben, der Drucker muß seine Maschine an beliebigen Stellen beleuchten können. Dazu eignen sich aber die Glühlampen wegen ihrer Einfachheit vorzüglich.

Die angegebenen Beispiele mögen genügen, um die Vortheile der Glühlampen zu erläutern. Es werden von den vielen bereits existirenden Lampen dieser Art nachstehend wieder nur jene behandelt, deren praktische Verwendbarkeit außer Zweifel steht.

Maxim.

In einer Glasbirne A (Fig. 58) von der Größe einer Männerfaust ist der in Gestalt eines **M** geformte Leiter B aus Kohlenstoff eingesetzt, welcher durch den Strom zum Glühen und Leuchten gebracht wird. Er wird getragen

von den beiden Platindrähten CD C_1D_1, die bei D in das Glas eingeschmolzen sind. Die Glasröhrchen D D_1 sind konisch, so daß zwischen ihren Innenwänden und den Drähten haarfeine Zwischenräume bleiben. Die Kohle B läuft an ihren

Fig. 58.

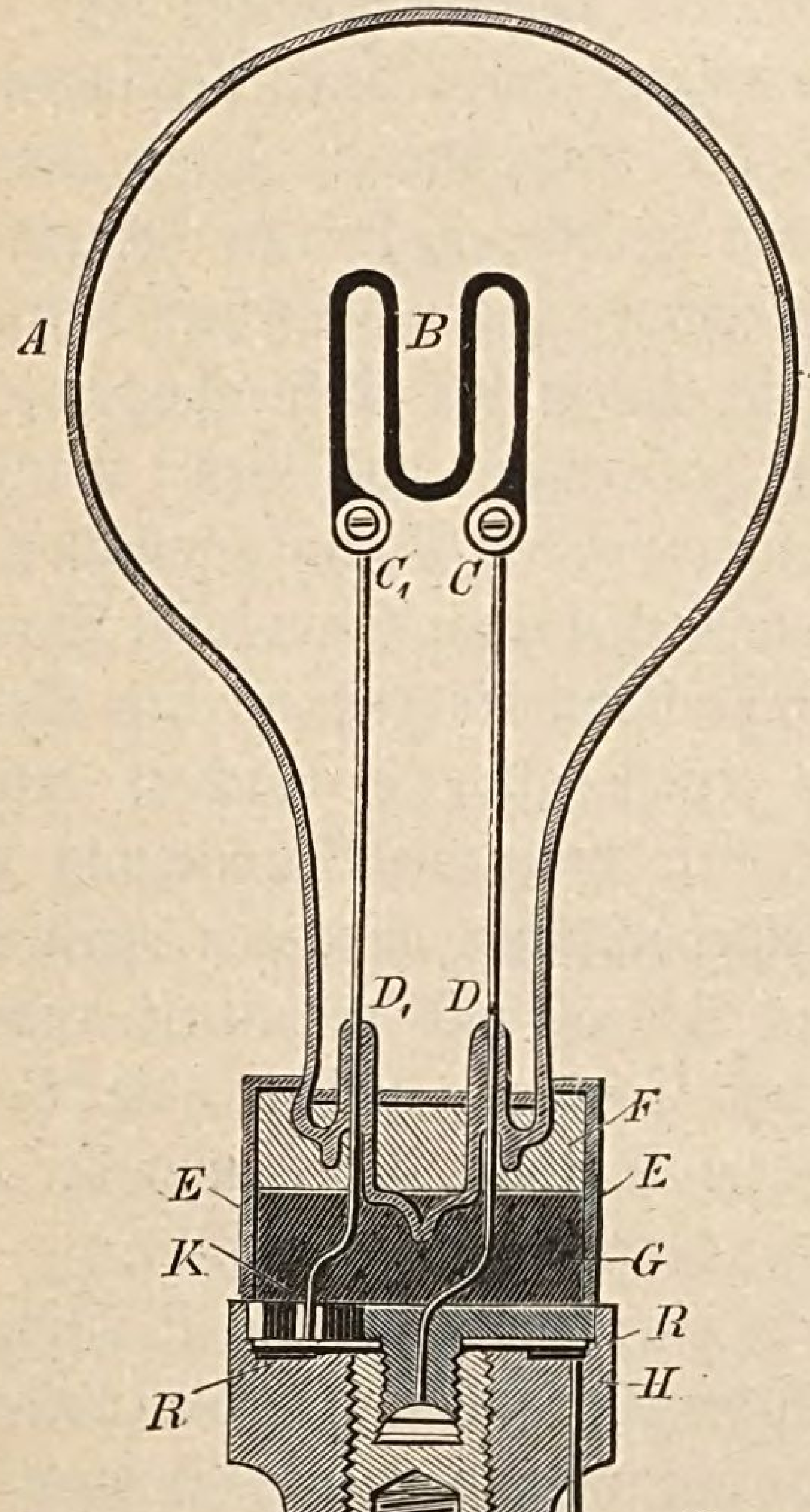


Fig. 59.



unteren Enden in plattenförmige Verbreiterungen aus und die gleiche Form haben die Platindrähte bei CC_1. Die Art der Befestigung der Kohle an den Drähten zeigt Figur 59, welche eine Seitenansicht darstellt. An den Draht ist ein durchbohrtes Plättchen b mit Gold angelöthet, darauf

kommt ein Scheibchen s aus weicher Kohle, dann der Kohlenbogen B, darauf wieder ein Kohlenscheibchen s_1 und zum Abschluß ein durchbohrtes Platinblättchen b_1. Alle diese Theile werden durch die Schraube o t zusammengehalten. Die Kohlenscheibchen s s_1 haben den Zweck, einerseits einen guten Contact herzustellen und andererseits eine feste Verbindung zwischen Kohlenbogen und den Platindrähten zu ermöglichen. Würde der Kohlenbogen direct an die Platinplättchen angeschraubt werden, so könnten diese beiden Bedingungen nicht erfüllt werden, denn bei festem Anziehen der Schrauben würden die Enden des Kohlenbogens, der ja spröde und hart ist, zerbrechen, und ließe man die Schrauben weniger fest, so wäre der Contact schlecht; der Strom würde dann bei seinem Uebergange aus den Drähten in den Bogen großen Widerstand finden, an den Berührungsstellen Platin und Kohle glühend machen, ersteres schmelzen, und in kurzer Zeit wäre die Verbindung ganz zerstört. Das weiche Kohlenblättchen hingegen verhindert einerseits das Brechen des Bogens und vermittelt andererseits dadurch einen guten Contact, daß es die kleinen Zwischenräume zwischen dem Platinscheibchen und der Verbreiterung des Kohlenbogens vollkommen ausfüllt.

Die Glasbirne ist in eine Metallfassung E (Fig. 58) mit Gyps F eingekittet. Dieser zieht sich auch in die capillaren Räume der Röhrchen D hinein und dient hierdurch zur Vervollkommnung des Verschlusses der Lampe. Man hat früher lange mit der undichten Einschmelzung der Drähte in das Glas zu kämpfen gehabt, da in Folge der ungleichen Ausdehnung von Glas und Platin (bei Temperaturwechsel) im Glase häufig feine Risse entstanden sind, durch welche dann Luft einströmen konnte. Die Differenz der Ausdehnungen ist weniger schädlich, wenn der eingeschmolzene Draht

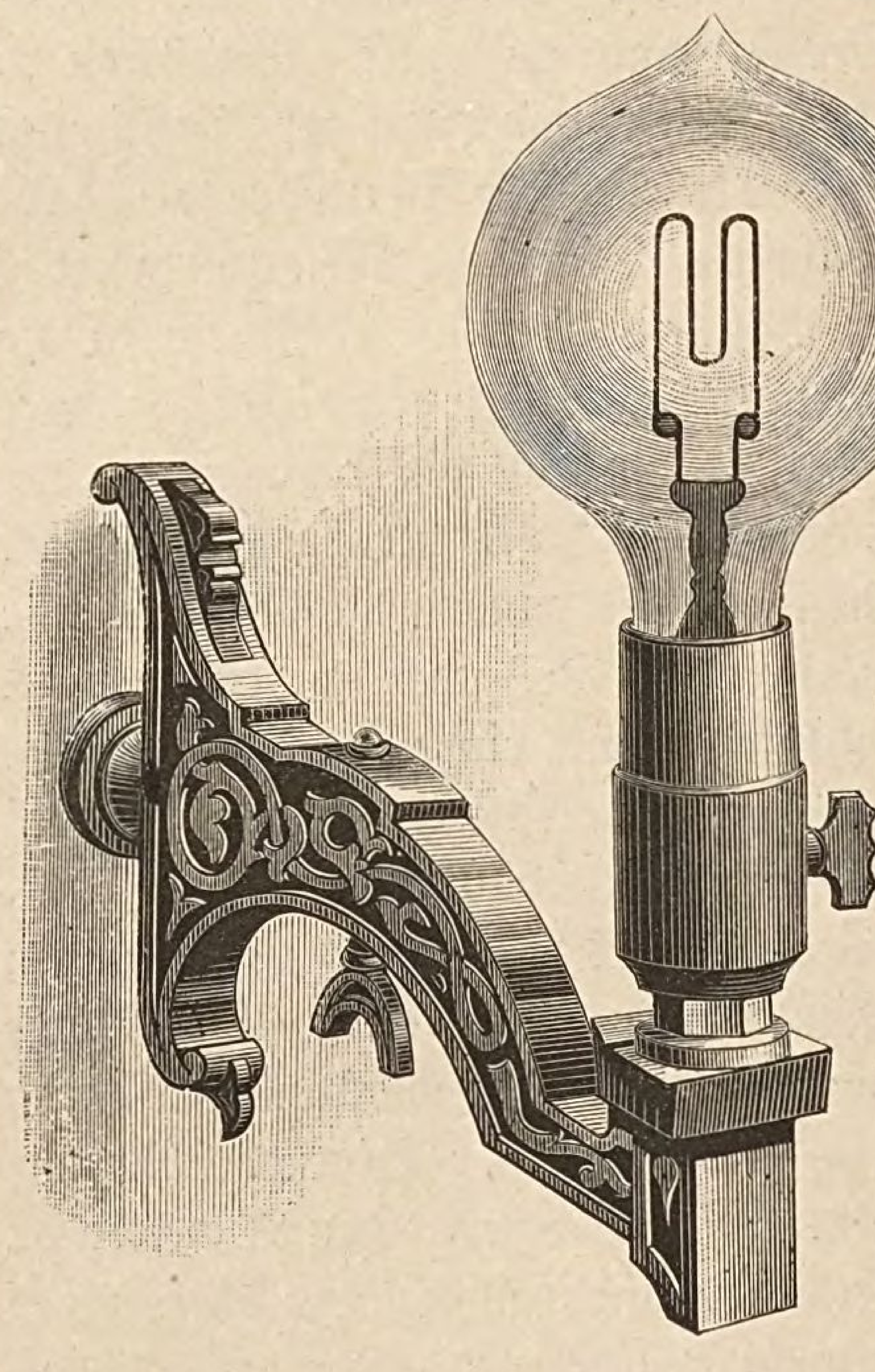
sehr dünn ist, weshalb Maxim auch den starken Platindraht zerfasert, jede Faser einzeln einschmilzt und außerhalb des Glases alle diese dünnen Fasern wieder vereinigt. Zur weiteren Sicherung des Verschlusses wird die Fassung E mit Schellack oder Copallack G ausgegossen.

Die Basis der Lampe H ist aus Vulcanit oder einem anderen Isolator verfertigt und an einen Metallkern L geschraubt; ein Gewinde J in letzterem dient zur Befestigung der Lampe an beliebiger Stelle. Der Platindraht C geht bis zum Metallkern, während C_1 in einen Metallpfropfen K endet, welcher von der Basis isolirt ist. R ist ein in die Basis H eingefügter Metallring, dessen obere Fläche direct unter dem Pfropfen K liegt, so daß dieser einen Contact mit dem Ringe bildet, wenn die Basis herabgeschraubt ist. Die von C_1 gebildete Leitung wird dann durch den Draht S, der an den Ring R angelöthet ist, nach außen geführt. C ist durch das Metallstück L mit einer zweiten Leitung, oder wenn die Lampen auf Gasleitungsröhren aufgesetzt werden, mit diesen in leitender Verbindung.

Die größte Schwierigkeit bei Herstellung von Lampen dieser Art war der Kohlenbogen; es kostete viele Mühe und Zeit, bis es gelang, diesem jene Widerstandskraft und Leuchtfähigkeit zu geben, die zu seiner Brauchbarkeit unbedingtes Erforderniß ist. Maxim erzeugt den Kohlenbogen aus Bristolpapier; aus diesem wird zunächst ein **M**-förmiges Stück ausgeschnitten, etwas größer als später der Kohlenbogen werden soll, und dann schwach verkohlt. Hierauf befestigt man diesen schwach verkohlten Bogen an den Platindrähten und setzt ihn in die Glasbirne ein. An letzterer ist ein röhrenförmiger Ansatz angeschmolzen (in der Figur nicht gezeichnet), durch welchen die Luft aus der Glasbirne mittelst einer Quecksilberpumpe entfernt werden kann.

Ist dies geschehen, so läßt man Gasolindämpfe eintreten, pumpt diese wieder aus, bis nur mehr ein Druck von beiläufig 30 Millimeter Quecksilbersäule herrscht, und schaltet nun den halbverkohlten Bogen in einen Stromkreis ein. Der elektrische Strom zerlegt das Gasolin und scheidet äußerst fein vertheilt den Kohlenstoff in den Poren des Kohlenbogens aus. Wichtig ist hierbei ein starkes Glühen des Bogens und die Verdünnung der Gasolindämpfe; ersteres bewirkt ein leichteres Abscheiden des Kohlenstoffes auf dem Bogen, durch letzteres wird die successive Ausscheidung äußerst feiner Kohlentheilchen, welche in den Poren sich ablagern können, ermöglicht. Ohne Verdünnung tritt eine rasche Abscheidung der Kohle ein, die sich dann nur an der Oberfläche des Bogens absetzt. Um Kohlenbögen von gleichem Widerstande, also Lampen von gleicher Leuchtkraft zu erhalten, schließt Maxim in

Fig. 60.



den Stromkreis der zu erzeugenden Lampe eine Muster- oder Normal-Lampe ein, und läßt dann so lange Kohle niederschlagen, bis beide Lampen gleich stark leuchten. Dann wird die Glasbirne ausgepumpt, so stark wie möglich, das Ansatzrohr, durch welches sie mit der Pumpe in Verbindung gestanden, abgeschmolzen und für den Gebrauch in der früher beschriebenen Art montirt. Figur 60 zeigt eine als Wandleuchter montirte Glühlampe. Zu bemerken ist noch, daß vor dem Zuschmelzen der Birne alle Luft daraus sorgfältig entfernt werden muß, was man dadurch erreicht, daß man wiederholt Gasolindämpfe einströmen läßt und wieder auspumpt.

Der Bogen der Maxim'schen Lampe hat einen Widerstand von 40 bis 60 Ohms und eine Leuchtkraft von 26 Normalkerzen (für geringe Intensität). Die Leuchtkraft kann jedoch durch einen stärkeren Strom bedeutend erhöht werden Nach Angabe Maxim's beträgt der Kraftaufwand 1 Pferdekraft für 6 Lampen.

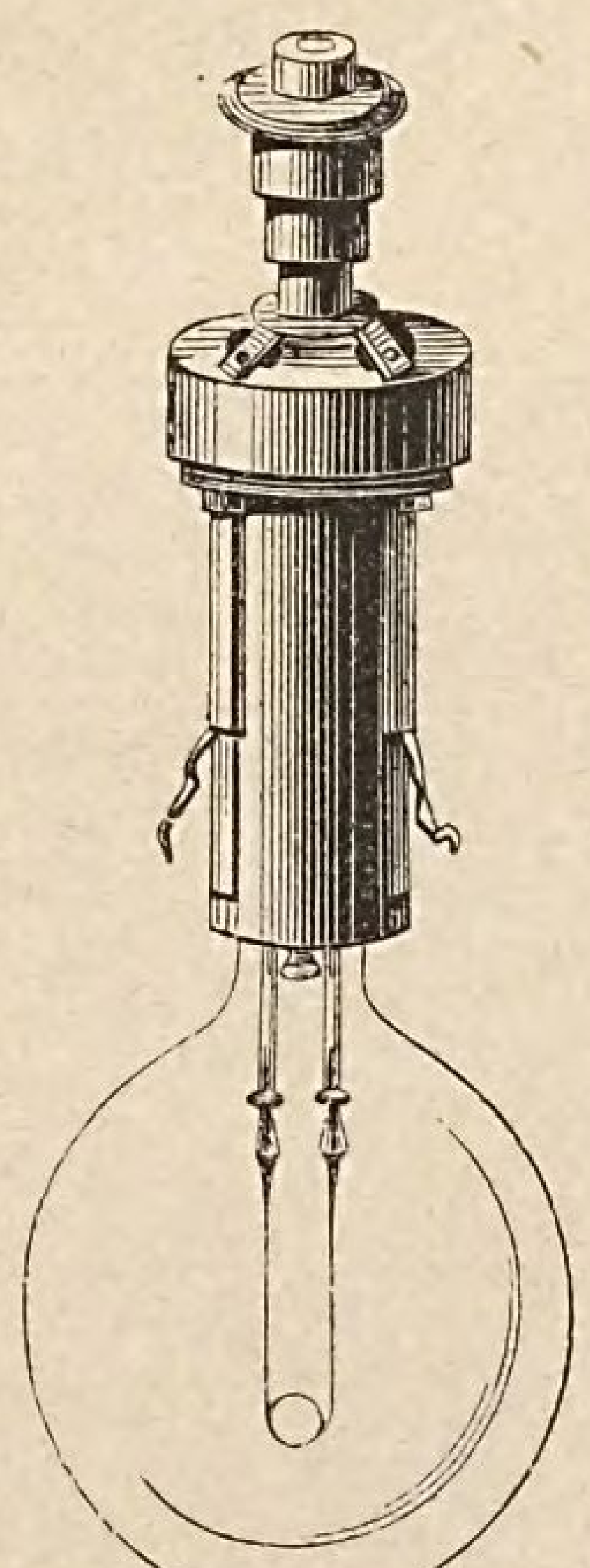
Swan.

Der Kohlenbogen in der Glühlampe von Swan hat die Form einer einfachen Schlinge (Fig. 61) und wird von zwei in das Glas eingeschmolzenen Platindrähten derart getragen, daß die Kohlenenden von den Platindrähten so gefaßt werden, wie etwa ein Zeichenstift von einer Klemmfeder. Die Drähte ragen ziemlich weit in das Glas hinein, um die Erwärmung an den Einschmelzstellen hintanzuhalten. Zur Erhöhung ihrer Stabilität sind sie durch ein Querstück aus Glas mit einander verbunden.

Der beiläufig 10 Centimeter lange Kohlenbogen wird aus Baumwollfasern bereitet. Diese werden in Schwefel-

säure (zwei Theile auf ein Theil Wasser) getaucht und einige Zeit darin hängen gelassen. Dadurch erleiden sie jene Veränderung, die auch das Papier bei gleicher Behandlung erfährt, welches auf diese Art bekanntlich in künstliches Pergament verwandelt wird. Der Faden wird also hart und consistent. Dann setzt man ihn in der Form, welche der Kohlenbogen später haben soll, in einen Schmelztigel, füllt diesen ganz mit feinem Kohlenstaub und erhitzt ihn, nachdem man ihn hermetisch verschlossen hat, längere Zeit bis zur Weißgluth. Der so carbonisirte Bogen wird jetzt in die Glasbirne gebracht und diese mit einer Sprengel'schen Luftpumpe evacuirt. Während des Evacuirens läßt man durch den Bogen einen Strom gehen, der hinreichend stark ist, um diesen zum Glühen zu bringen, damit auch aus den Poren alle Gase ausgetrieben werden. Hierauf wird die Lampe zugeschmolzen und mit ihrer Fassung versehen, wie dies die Figur zeigt.

Fig. 61.



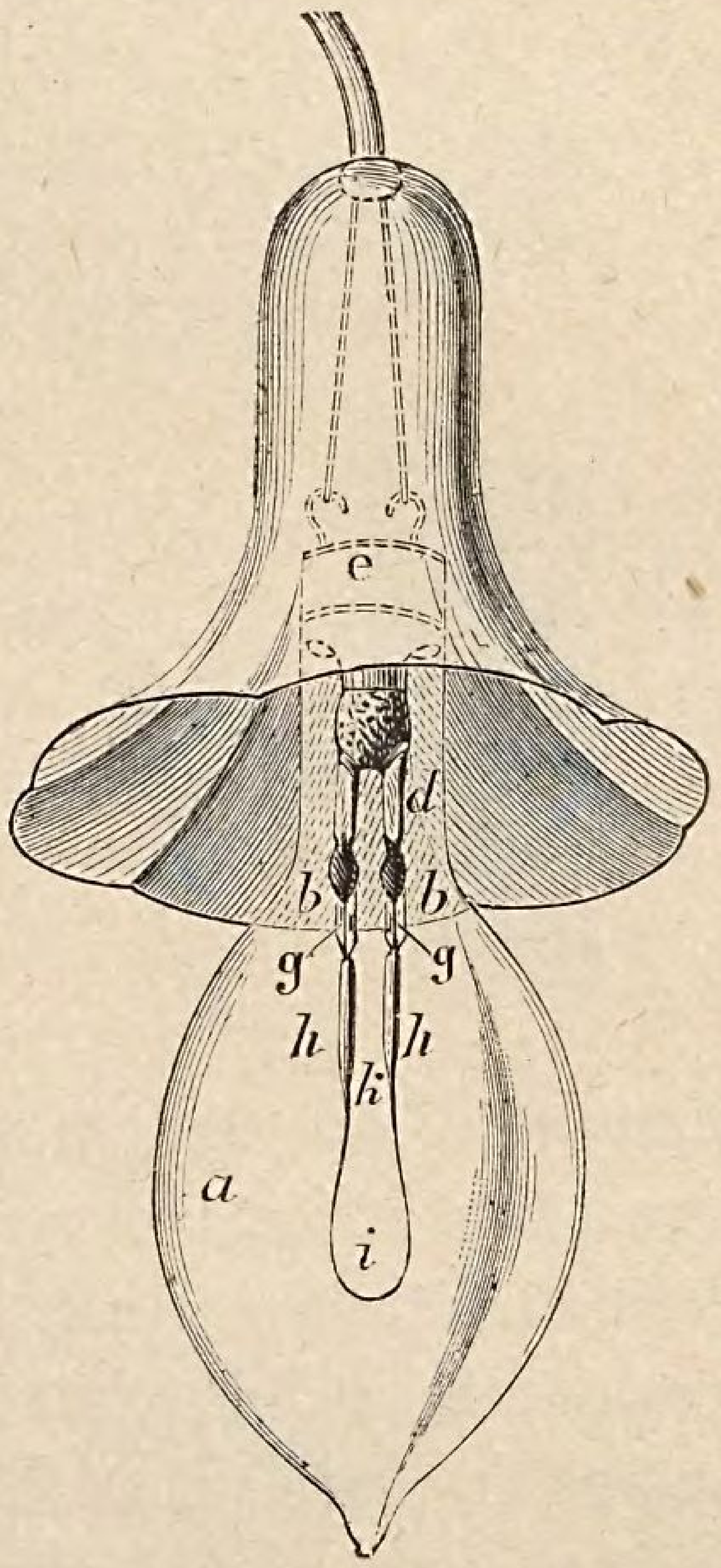
Die Lampe gibt ein sehr helles, rein weißes Licht, nach Angabe von Swan in der Stärke von 12 bis 25 Normalkerzen, hat einen Widerstand von 30 bis 100 Ohms und je 15 Lampen sollen durch eine Pferdekraft zum Leuchten gebracht werden können.

Lane-Fox.

Dieser construirt seine Lampe auf die durch Figur 62 und nachfolgende Beschreibung gegebene Weise. Die Kohle hat die Form eines Hufeisens. Lane-Fox verwendet große

Sorgfalt darauf, daß die Luft nicht etwa zufolge eines unvollkommen dichten Einschmelzens der Platindrähte in das Glas eindringen könne. Im Halse des Glasballons a sind Glasröhren b b eingeschmolzen; sie enthalten bei b Quecksilber, theils zur Kühlung der Drähte, theils wegen der besseren Dichtung, bei d Baumwolle und der obere Theil ist mit Pariser Gyps e verschlossen. Bei b sind die Röhren etwas erweitert, um beim Einfüllen des Quecksilbers das Zurückbleiben von Luftbläschen zu verhindern; in das Quecksilber tauchen von oben die Zuleitungsdrähte, von unten die Platindrähte g, die am Boden der Röhre eingeschmolzen sind. Auf die Enden der Platindrähte werden Kohlen-Cylinder h gesteckt, in deren Schlitze bei k der Kohlenbogen i befestigt ist.

Fig. 62.

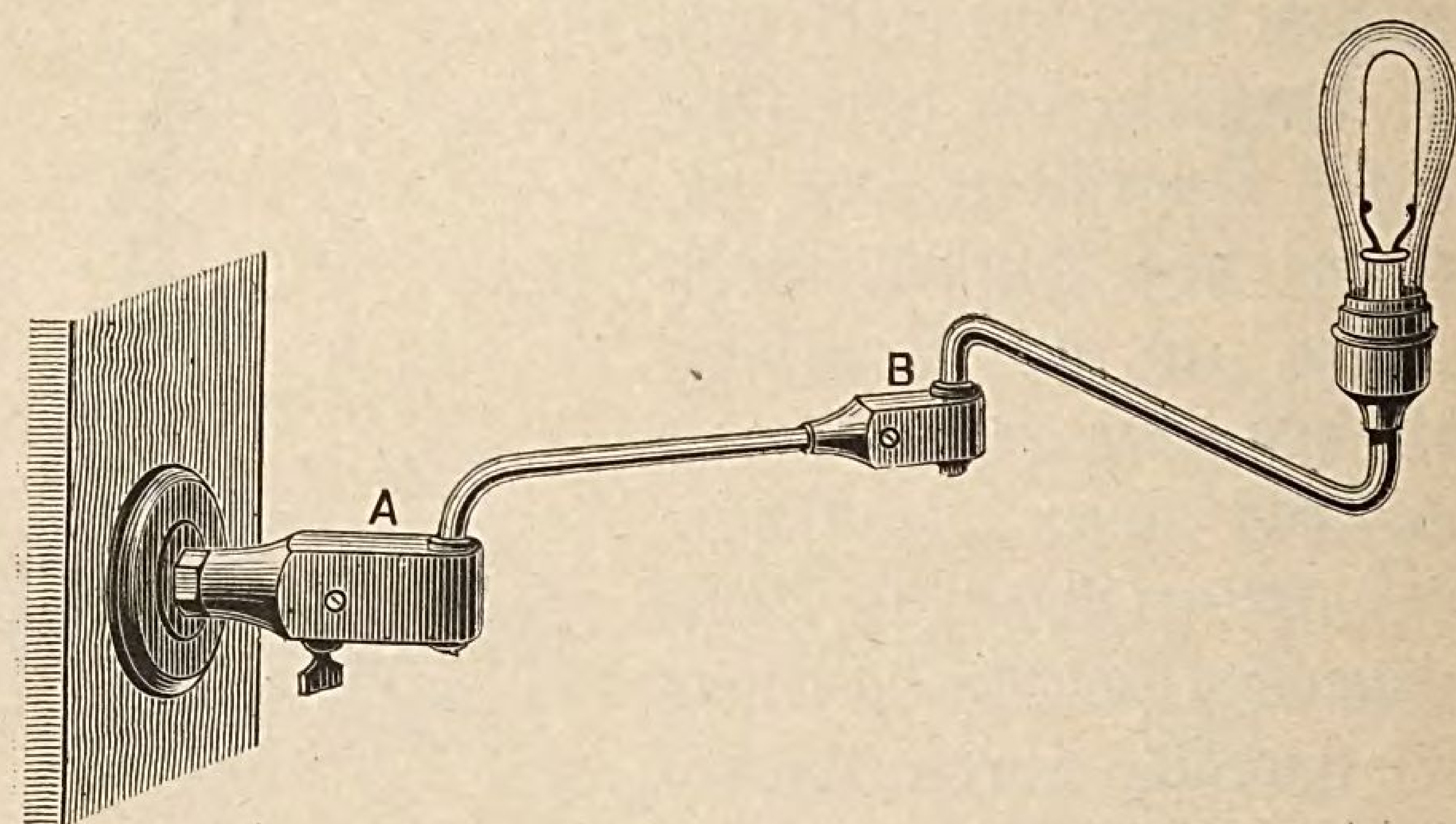


Als Material zur Darstellung der Kohlenbögen verwendet Lane-Fox Halme der Quecke oder vulcanisirte Pflanzenfaser mit Zinkoxychlorür präparirt, die er in Kohlen- oder Graphitpulver glüht, dann in eine Kohlenwasserstoff-Atmosphäre bringt und neuerdings glüht. Nach seiner Angabe entwickelt die Lampe, bei einem Widerstande des Kohlenbogens von 75 bis 105 Ohms, eine Leuchtkraft von 12 Normalkerzen. Der erforderliche Kraftaufwand beträgt für 15 Lampen zwei Pferdekräfte.

Edison.

Die Figur 63 zeigt Edison's Lampe auf einen Wandarm adjustirt. Der Kohlenbogen hat die Form eines ∩ und ist auf Platindrähten, die in Form von Pincetten die Kohlenenden fassen, befestigt. Auf das luftdichte Einschmelzen der Drähte in die Glaswand wird die größte Sorgfalt

Fig. 63.

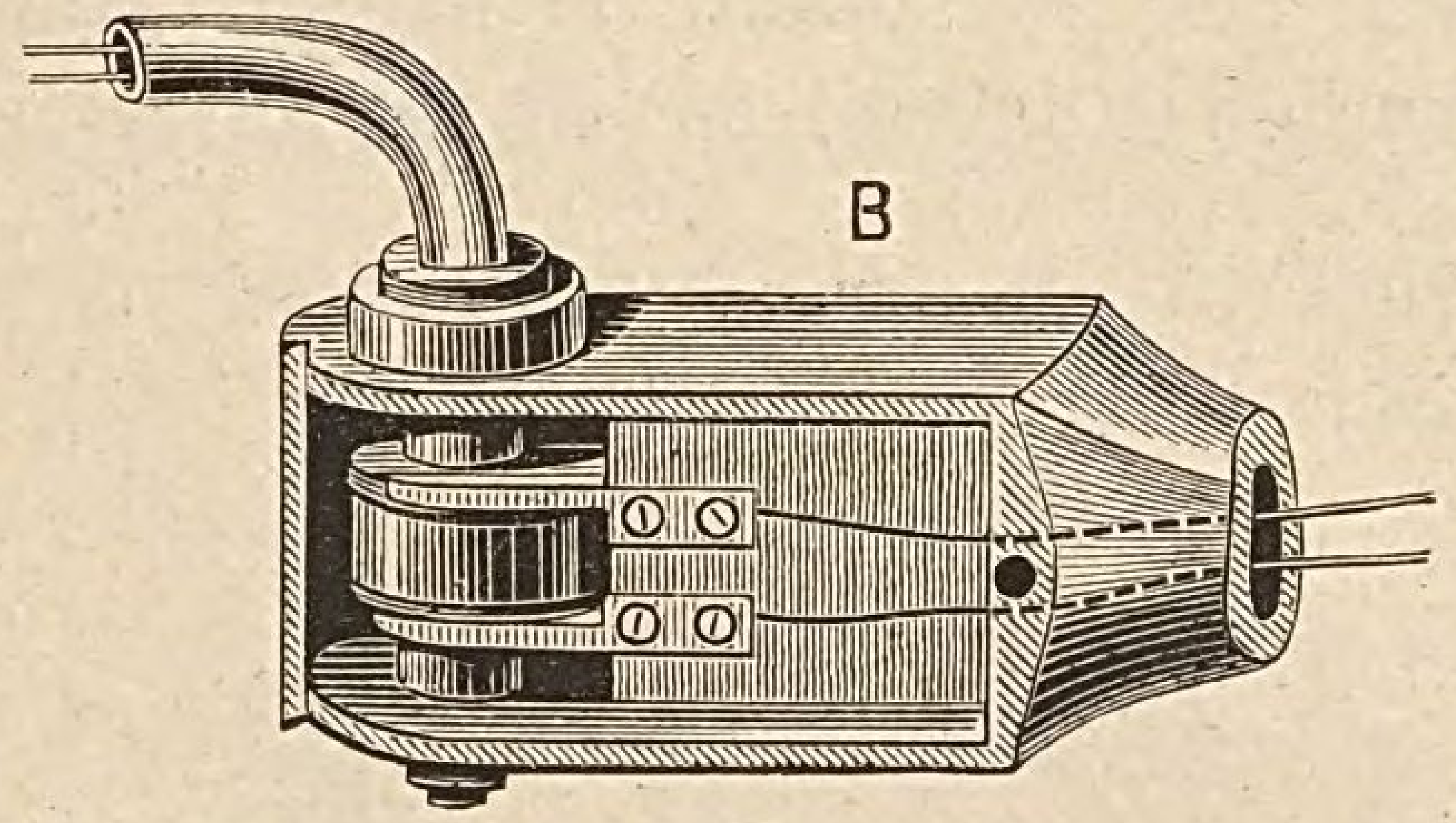


verwendet. Als Material für die Kohlenbogen hat Edison eine ganze Reihe von metallischen und vegetabilischen Stoffen versucht und jetzt Fasern aus dem Bambusrohre definitiv angenommen. Die Leuchtkraft der Lampe wird zu 16 Kerzen angegeben bei einem Widerstande von 125 Ohms. Die Zahlen sind jedoch keineswegs fix, sondern variiren sehr bedeutend, da den verschiedenen Bedürfnissen entsprechend Lampen mit sehr verschiedener Intensität hergestellt werden. Für kräftige Lichter werden auch zwei oder mehrere Bögen oder auch nur eine Kohlenspirale in die Lampe eingesetzt.

Der in Figur 63 dargestellte Arm hat bei A und B Gelenke, deren innere Einrichtung aus den Figuren 64 und 65 ersichtlich ist. Die Leitungsdrähte treten (Fig. 64) auf

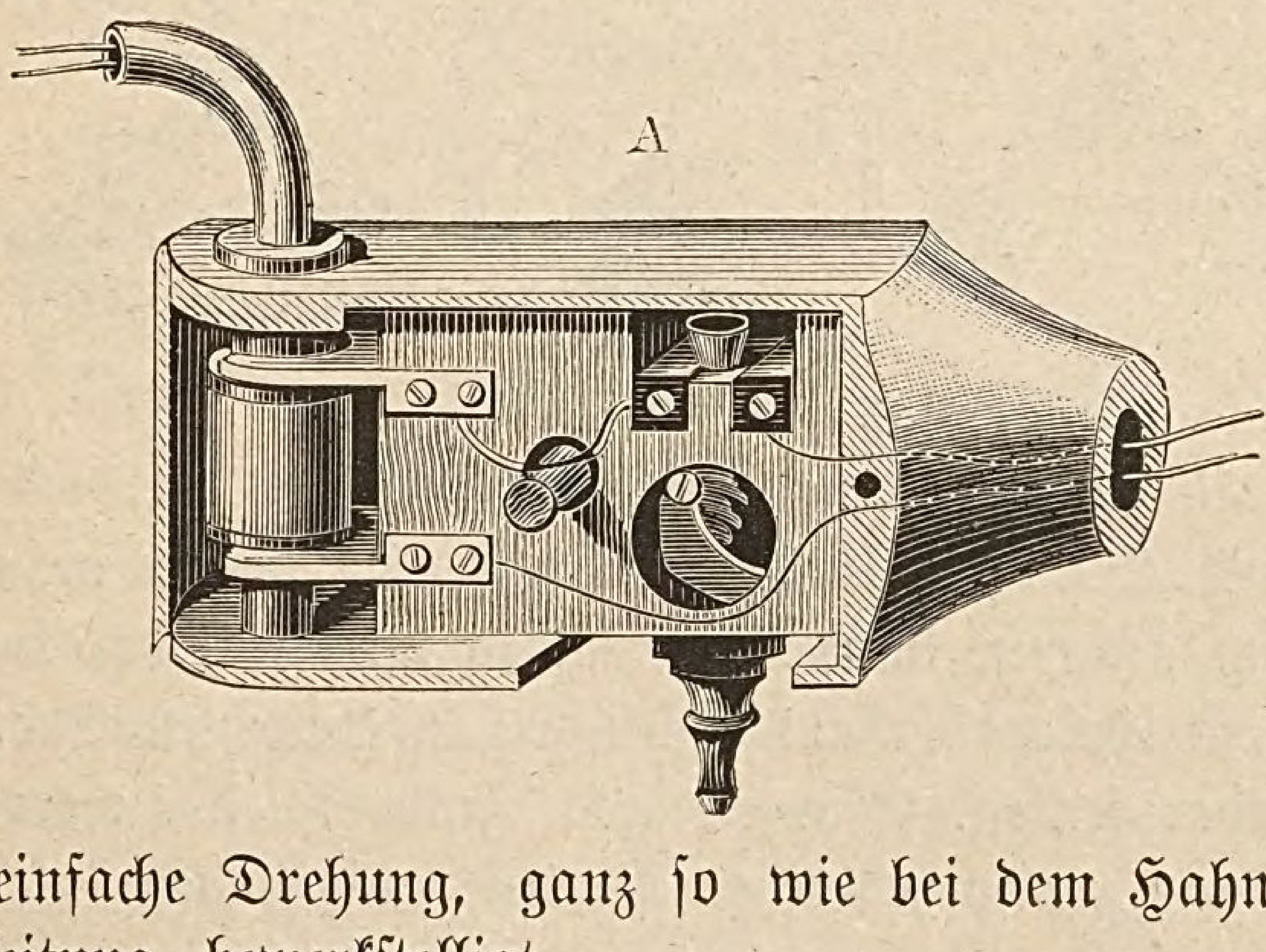
der rechten Seite in die Kammer ein, und sind an zwei von einander isolirte Metallstücke befestigt; diese schleifen wieder auf zwei Metallscheiben, die gleichfalls von einander isolirt, am verticalen Theile des Knierohres aufgesetzt sind und sich mit diesem drehen. Jede der Scheiben des Cylinders ist mit einem Leitungsdrahte verbunden, der dann in der Röhre fortläuft.

Fig. 64.



Figur 65 zeigt den bei A angebrachten Schlüssel zum Schließen und Oeffnen des Stromes, d. h. also zum Anzünden und Auslöschen der Lampe; es wird dies durch

Fig. 65.

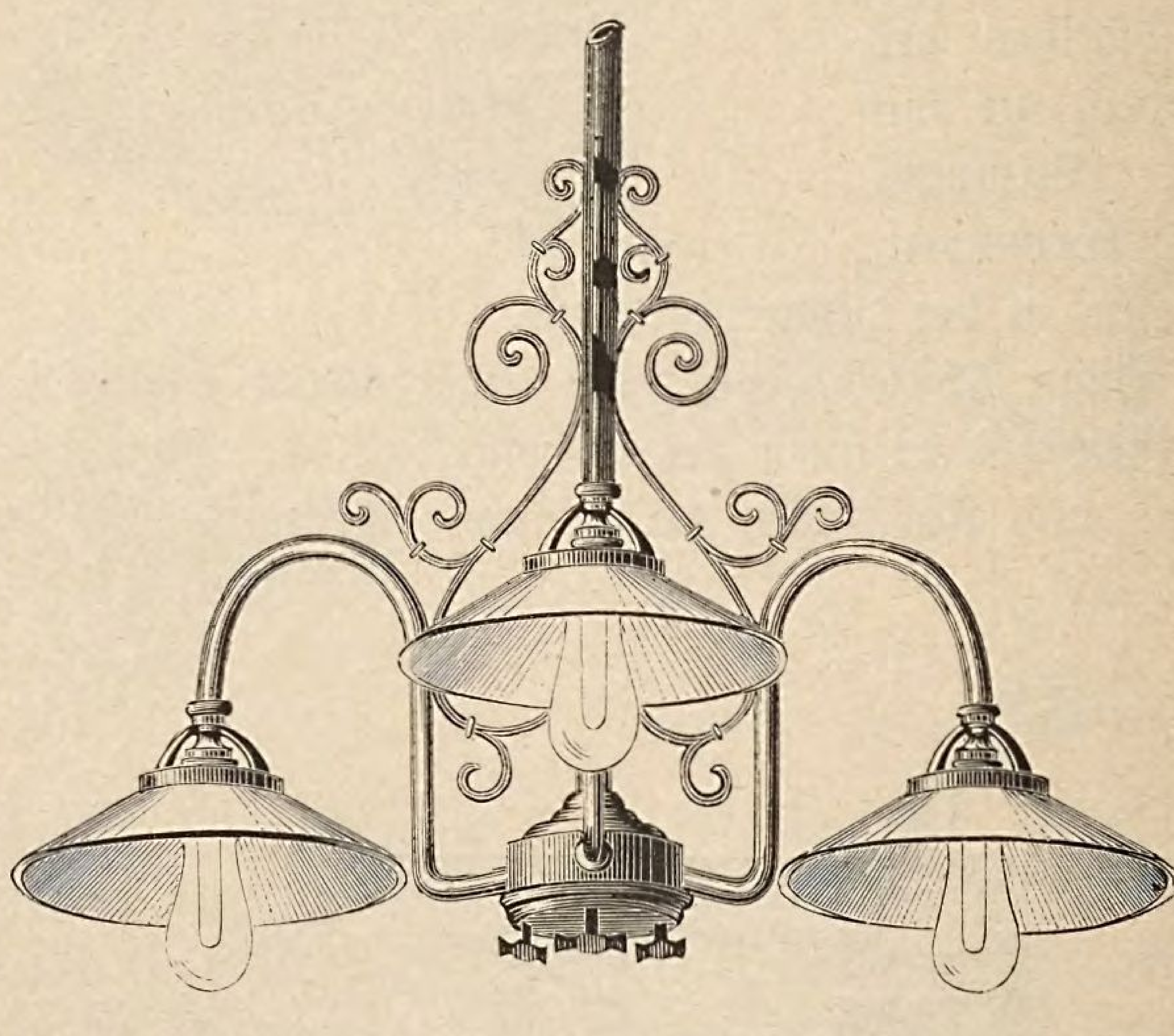


eine einfache Drehung, ganz so wie bei dem Hahne einer Gasleitung, bewerkstelligt.

In Figur 66, wo eine dreiarmige Hängelampe dargestellt ist, befinden sich diese Hähne oder eigentlich Schlüssel

im mittleren Stück. Die Einrichtung des Schlüssels ist folgende: die obere Drahtleitung (Fig. 65) ist unterbrochen durch zwei konisch ausgeschnittene Metallplatten; die Metallplatten sind von einander isolirt, kehren sich aber ihre Ausschnitte derart zu, daß sie zusammen einen Hohlkonus bilden, der in der Mitte gespalten ist. In diesen

Fig. 66.



Hohlkonus paßt ein massiver konischer Zapfen, der das Ende des Schlüssels bildet. Wird nun dieser in einem oder dem anderen Sinne gedreht, so muß sich der konische Zapfen in Folge der am Schlüssel angebrachten Schraube heben oder senken. Im ersteren Falle ist die metallische Verbindung zwischen beiden Platten aufgehoben, also der Strom unterbrochen, im letzteren Falle sitzt der Konus in den Ausschnitten beider Platten und stellt so zwischen ihnen eine metallische Verbindung her, schließt also den Strom.

Dabei erfolgt beim Oeffnen des Stromes die Unterbrechung desselben an hinreichend großen Flächen, nämlich den beiden konischen Ausschnitten der Platten, so daß die Entstehung eines Unterbrechungsfunken vermieden ist, was für die Feuersicherheit Bedeutung hat.

Der Draht in dieser Schlüsselkapsel ist aus Blei; es hat dies den Zweck, bei etwaigem Anwachsen des Stromes in der Leitung über jene Stärke, welche für die Lampe geeignet ist, diese gegen Beschädigung (Zerstörung des Kohlenbogens) zu schützen. Der Durchmesser des Bleidrahtes ist nämlich so bemessen, daß der Draht sich bis zum Schmelzen erwärmt und auf diese Weise den Strom eben dann unterbricht, wenn letzterer eine gefährliche Stärke anzunehmen droht.

Ja, Edison ging noch weiter; er construirte einen Regulator in der Lampe selbst, welcher erlaubt, die Lichtstärke ganz nach Belieben herzustellen.

Figur 67 zeigt eine transportable Lamp und Figur 68 den Regulator. Dieser ist eine Art Kohlenrheostat, zusammengesetzt aus Kohlenstiften von verschiedenem Durchmesser, also verschiedenem Widerstande.

Durch Einschalten des einen oder des anderen Stiftes in den Stromkreis erhält man die gewünschte Intensität.

Um zu große Erwärmung zu verhindern, ist der Cylinder, welcher den Apparat einschließt, mit Oeffnungen versehen. Die Regulirung wird bewirkt durch Drehen einer Scheibe (unterhalb der Figur 68 separat gezeichnet), wodurch der Contact mit dem einen oder anderen Kohlenstabe hergestellt wird. Ein Index an der Scheibe und eine Eintheilung am unteren Rande des Cylinders zeigen den Grad der Intensität der Lampe für die Einschaltung jedes Kohlenstabes an.

Wie man aus dem Vorhergehenden ersehen kann, ist Edison's Lampe bis in die kleinsten Details vollkommen durchdacht und ausgebildet, so daß sie mit den Vorzügen der elektrischen Beleuchtung die Bequemlichkeit der Gasbeleuchtung verbindet, ja diese sogar in mehreren Punkten übertrifft.

Fig. 67.

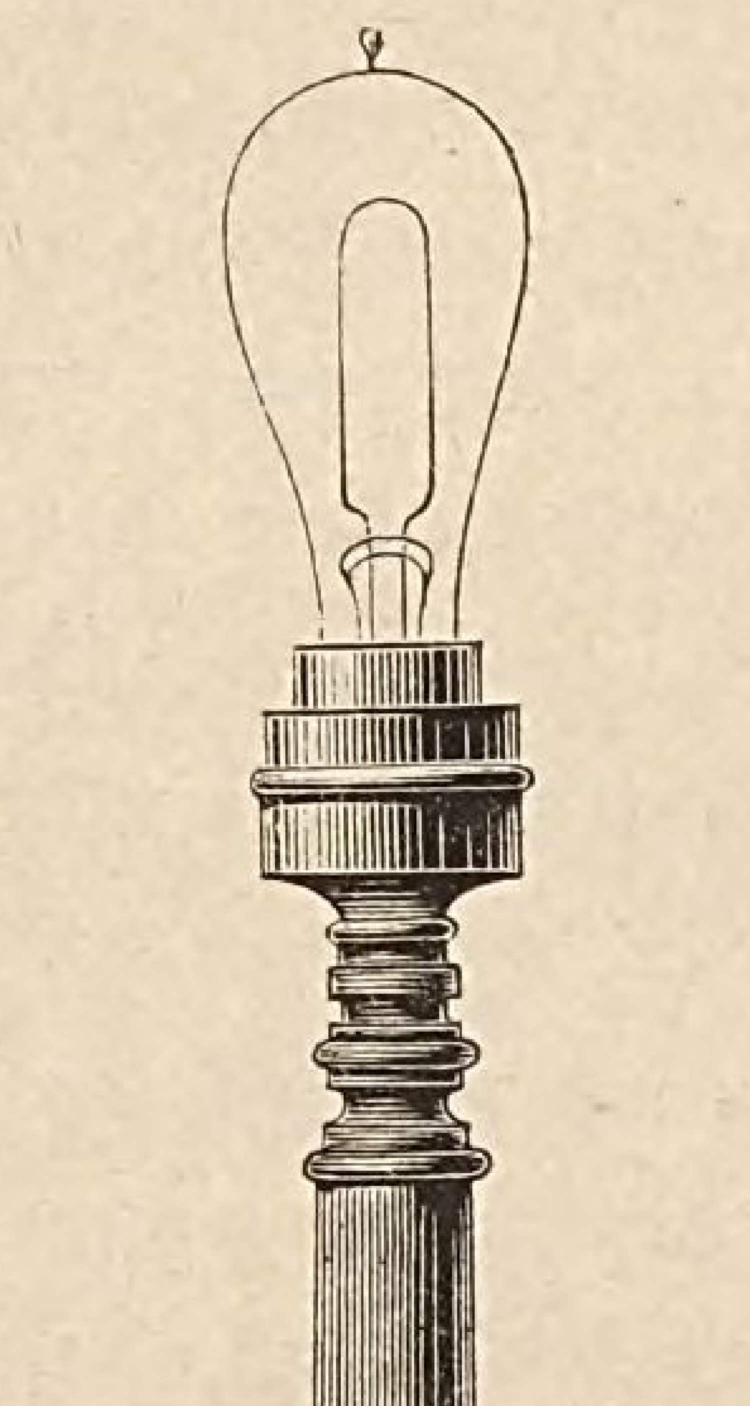
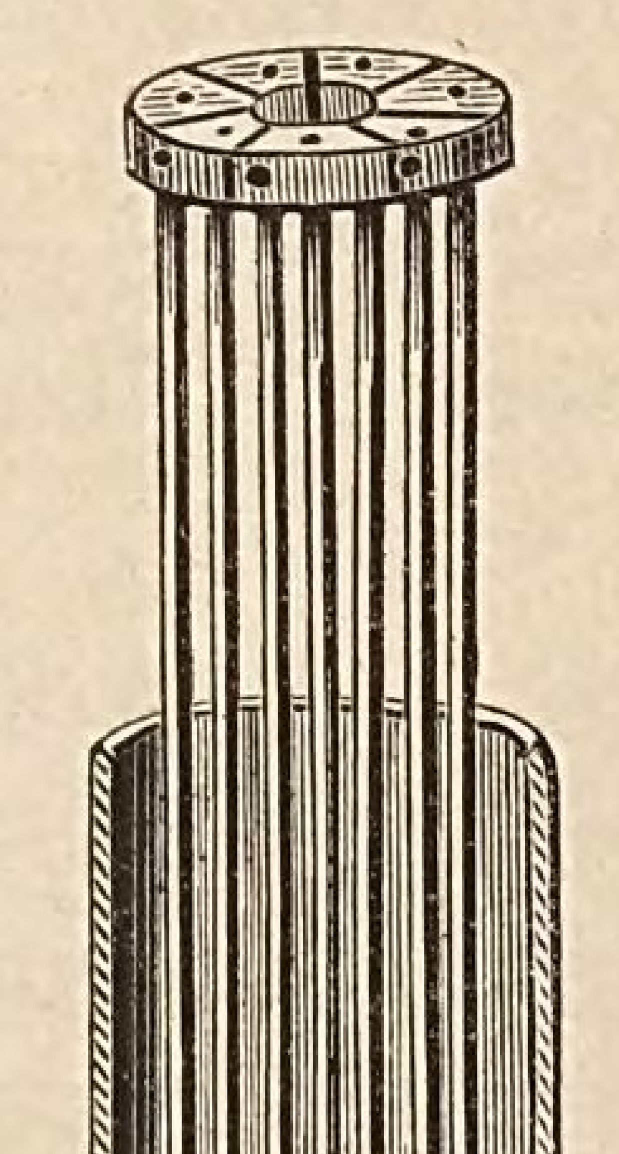


Fig. 68.



Was ihre Dauerhaftigkeit anbelangt, wird versichert, daß sie beiläufig 1200 Brennstunden ihren Kohlenbogen erhält. Dann ist die Lampe allerdings unbrauchbar. Aber wenn man bedenkt, daß ihr Preis nur etwa $1\frac{1}{2}$ Frcs. beträgt, hat dies auf ihre praktische Verwendbarkeit keinen Einfluß. Die Regulatorlampen und noch mehr die Kerzen verzehren ja auch während ihrer Benützung fortwährend Kohle, die bezahlt werden muß, und bei Beleuchtung anderer Art müssen ebenfalls die Glascylinder, Kugeln ꝛc. häufig erneuert werden.

Die weiteren Einrichtungen, als Stromleitung, Messung der consumirten Elektricität ꝛc. werden im Capitel »Systeme und Schaltungsweisen« angegeben werden.

4. Gruppe: Glühlichtlampen mit vollkommenem Contact.

Bei diesen Lampen entsteht das Licht an der Berührungsstelle zweier Kohlenstücke, die als Elektroden in freier Luft, also ohne Benützung des Vacuums angewendet werden. Werdermann hat durch zahlreiche Versuche festgestellt, daß, wenn man den Querschnitt der positiven Kohle verkleinert und den der negativen gleichzeitig vergrößert, letztere immer schwächer glüht, während erstere zu immer stärkerer Gluth gelangt.

Durch die Ungleichheit der Querschnitte wird der Widerstand, welchen der Strom an der Berührungsstelle beider Kohlen findet, vergrößert und daher nimmt auch die Erhitzung zu.

Bei einem beiläufigen Verhältnisse von 1 : 64 des Querschnittes der positiven zum Querschnitte der negativen Kohle, erhitzt sich diese fast gar nicht, erleidet daher auch keine Abnahme, während die positive Kohle unter Entwicklung eines schönen ruhigen Lichtes stetig abbrennt.

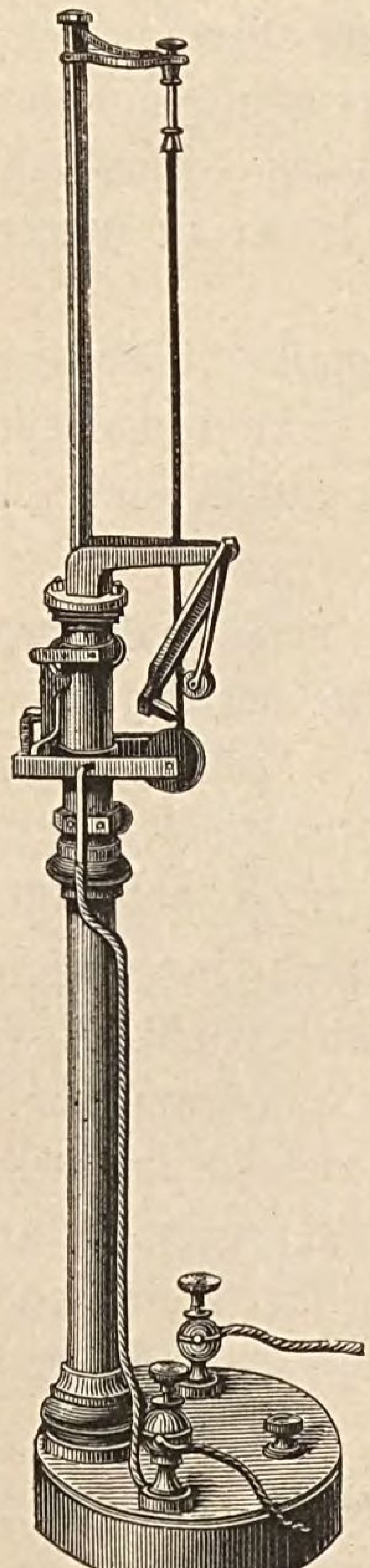
Die Construction von Lampen, fußend auf obigen Thatsachen, wurde erst in der jüngsten Zeit versucht. Nach Fontaine ist Varley der erste, welcher eine Lampe mit unvollkommenem Contacte erfand. Er beschrieb sie in einem Patente auf eine elektrische Maschine, welches er im Jahre 1876 nahm. 1878 erdachten Reynier, Marcus und Werdermann ihre Lampen; seitdem folgte noch die von Ducretet u. a.

Zu einer ausgedehnteren Anwendung in der Praxis hat es keine dieser Lampen gebracht, was wohl in dem großen Stromverluste, welcher durch den bedeutenden Uebergangswiderstand bewirkt wird, seinen Hauptgrund hat.

Glühlampe von Reynier.

Eine Messingstange (Fig. 69) als Träger des positiven Kohlenstabes kann zwischen Gleitrollen in der Messingsäule herabsinken. Die negative Kohle ist eine kreisförmige Kohlenscheibe, deren Achse sich in einer auf der Säule isolirt befestigten Gabel drehen kann; diese ruht auf einem Hebel, welcher auf die Messingstange drückt, um als Bremse ein zu rasches Nachsinken der positiven Kohle zu verhindern. Der Kohlenstab trifft aber nicht senkrecht über dem Mittelpunkte der Scheibe auf diese, sondern um einen Winkel von 30° von der Senkrechten entfernt. Das Gewicht des Trägers drückt den Kohlenstab beständig an die Scheibe an. Die seitliche Componente dieses Druckes bewirkt eine Drehung der Scheibe. Diese Drehung hat den Zweck, stets guten Contact zu vermitteln, da sich gezeigt hat, daß bei längerem Brennen der Lampe die Unreinigkeiten der positiven Kohle sich an der negativen Kohle anhäufen und dadurch den guten Contact unmöglich machen. Durch die Drehung der Scheibe kommen aber immer neue Stellen zur Berührung und der erwähnte Uebelstand ist damit beseitigt.

Fig. 69.

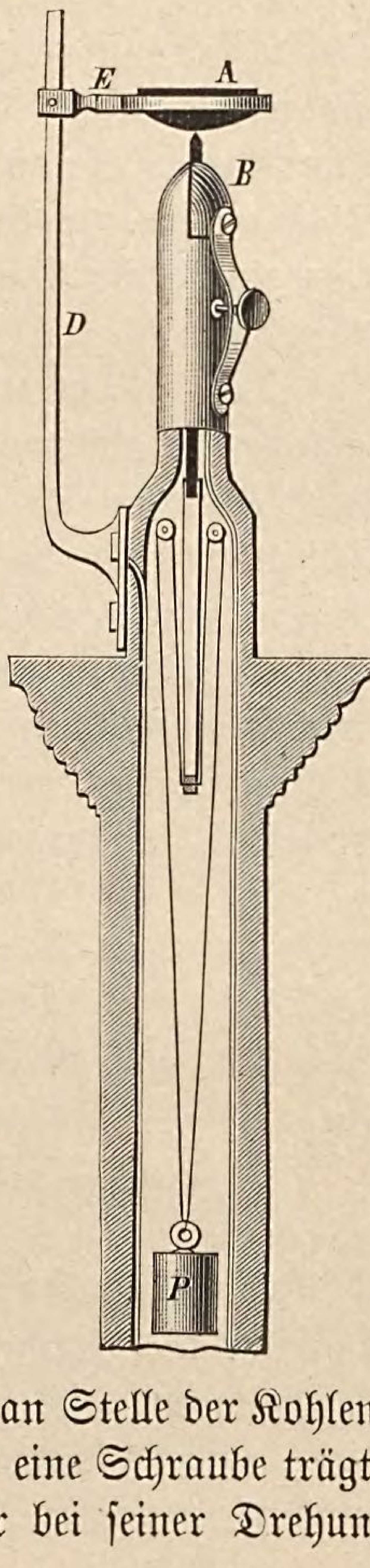


Die Führung des Kohlenstabes wird durch eine Kupferrolle besorgt, welche an einem Winkelarme drehbar ist; die Stromzuleitung erfolgt durch einen am selben Arme befestigten

Kohlenklotz, der durch seine eigene Schwere immer mit der Elektrode in leitender Berührung erhalten wird.

Der Strom tritt bei der rückwärtigen Klemme ein, geht durch die Masse der Lampe und den Kohlenklotz in den positiven Kohlenstab, dann in die negative Kohlenscheibe, durch deren von der Lampe isolirten Träger und die Drahtleitung zur vorderen Klemme.

Fig. 70.



Die Kohlenstäbe haben einen Durchmesser von 2 Millimeter, eine Länge von 0,3 Meter und dauern zwei Stunden. Die Lichtstärke variirt natürlich nach der Anzahl der Lampen, die in den Stromkreis einer Maschine eingeschaltet werden. So ergab sich dieselbe zu 13 Carcelbrennern, als 6 Lampen in den Stromkreis einer Gramme'schen Maschine eingeschaltet wurden, welche 920 Touren per Minute machte.

Die gesammte Lichtintensität betrug also 78 Carcelbrenner, während ein Serrin'scher Regulator unter denselben Umständen 320 Carcelbrenner Lichtstärke gab.

Die von Marcus construirte Glühlampe ist ganz ähnlich der Lampe von Reynier. Marcus wendet jedoch an Stelle der Kohlenscheibe einen Cylinder an, dessen Achse eine Schraube trägt; durch diese verschiebt sich der Cylinder bei seiner Drehung

auch in der Richtung der Achse, was bei sehr langer Brenndauer der Lampe zur Sicherung eines immer guten Contactes beiträgt.

Glühlampe von Werdermann.

Die Construction dieser Lampe ist durch die Figur 70 leicht verständlich. Ein Gewicht P drückt mit Hilfe eines Schnurlaufes die an einem Messingstabe befestigte positive Kohle an die negative Kohlenplatte A an. Letztere ist in einen Kupferring E gefaßt, der sich auf dem Träger D verstellen läßt.

Der Strom tritt durch den in der Röhre rechts befindlichen Draht in die Lampe ein, gelangt durch die mittelst einer Feder an den Kohlenstab angedrückte Backe B in den Kohlenstab und von diesem durch die Platte A und den Träger D in den links in der Röhre befestigten Draht.

Es können zehn Lampen in Parallelschaltung, mit einer Gramme'schen Maschine verbunden, ohne sich gegenseitig zu stören, brennen, wobei jede Lampe eine Leuchtkraft von etwa 40 Normalkerzen entwickelt.

V.

Systeme und Schaltungsweisen.

Ein Beleuchtungssystem umfaßt den Motor, die Lichtmaschine, die Lampen und die Leitungen. Die allgemeinen Bedingungen, die ein Motor erfüllen muß, um zum Betriebe einer Lichtmaschine vortheilhaft verwendet werden zu können, wurden bereits in einem früheren Capitel an-

gegeben. Keine Lichtmaschine oder Beleuchtungsart ist an einen bestimmten Motor gebunden. Dieser ist daher bei Besprechung der Systeme nicht weiter zu berücksichtigen. Allerdings müssen auch bestimmte Lichtmaschinen nicht immer mit ganz bestimmten Lampen und keinen anderen combinirt angewendet werden; aber selbst abgesehen davon, daß die eine oder die andere Lampe am rationellsten durch eine bestimmte Maschine in Function gesetzt wird, sind gewisse Combinationen so allgemein üblich, daß es sich wohl verlohnt, sie eigens anzuführen.

Die Schaltungsweise, d. h. die Art der Verbindung der Lampe mit der Stromleitung, ist für eine größere Anzahl von Lampenconstructionen dieselbe, nur einige haben eine specielle Schaltungsart. Diese soll bei den Systemen selbst, welchen letztere Lampen angehören, abgehandelt werden, während über die Schaltungsart der ersterwähnten Lampen gleich an dieser Stelle einige Bemerkungen Platz finden mögen. In Bezug darauf tritt uns sofort die Frage entgegen: Sind Einzellichter vortheilhafter oder Theilungslichter? Dabei können die Intensitäten der einzelnen Lampen bei beiden Schaltungsarten gleich groß sein, wenn man die Ströme, die zur Speisung der Lichter verwendet werden, in entsprechenden Stärken erzeugt. Zur Beantwortung dieser Frage wird die Betrachtung des Verhältnisses, in welchem die Einzellichter zu den Theilungslichtern stehen, ohne Schwierigkeit führen.

In der historischen Einleitung wurde gesagt, daß die Theilung des elektrischen Lichtes auf zweierlei Art erfolgen könne, und zwar entweder dadurch, daß die Lampen derart construirt werden, daß man sie hintereinander in einen Stromkreis einer Maschine einschalten kann, oder dadurch, daß man von einer Maschine so viele von ein-

ander getrennte Ströme ableitet, als man Lampen brennen will. Nun lehrt aber die Erfahrung, daß, gleichgiltig auf welche der beiden Arten die Theilung durchgeführt wird, immer die Theilungslichter einen größeren Kraftaufwand erfordern als die Einzellichter. Mehrere kleine Lichter brauchen zu ihrer Unterhaltung einen größeren Aufwand von Kraft als ein starkes Licht, dessen Leuchtkraft gleich ist der Summe der Leuchtkräfte der kleineren Lichter. Folgendes Beispiel wird dies erläutern: Ein Saal wird von vier in einem Stromkreise liegenden Lampen beleuchtet; jede Lampe erzeugt ein Licht von 2000 Normalkerzen und die Lichtmaschine erfordert, um den dazu nöthigen Strom zu liefern, einen Kraftaufwand von zehn Pferdekräften. Durch entsprechende Aenderung der Drahtwindungen dieser Maschine kann man mit dieser zwölf Lampen speisen, deren jede eine Lichtintensität von 350 Normalkerzen entwickeln wird; dabei wird die Maschine zu ihrem Betriebe acht Pferdekräfte erfordern. Im ersteren Falle erzeugt daher eine Pferdekraft ein Licht von 800, im letzteren Falle von 525 Normalkerzen.

Dieses Ergebniß würde die obige Frage allerdings zu Gunsten der Einzellichter entscheiden, wenn nicht noch andere Umstände in Betracht kämen, die trotz des geringeren Arbeitsaufwandes doch zu Ungunsten der Einzellichter sprechen würden.

Einer dieser Umstände ist der, daß die Beleuchtungs-Intensität einer Fläche mit dem Quadrate der Entfernung von der Lichtquelle abnimmt. Die Folge davon ist, daß ein Raum, der z. B. von zwei Lampen in einem bestimmten Grade erhellt war und nun durch eine Lampe von einer Lichtintensität gleich der Summe der Lichtintensitäten der beiden vorigen beleuchtet wird, im letzten Falle nicht so hell

beleuchtet ist als im ersten. Unmittelbar um die Lampe herum wird es freilich heller sein als früher an irgend einer Stelle, aber an Orten, die früher noch gut beleuchtet waren, wird jetzt schon wenig mehr zu sehen sein. Um in einer Reihe von Lichtern immer zwei Lichter durch eines so zu ersetzen, daß die dunkelste Stelle in der Mitte zwischen je zwei Lichtern immer dieselbe Helligkeit erhält, muß man ein nicht doppelt so starkes, sondern ein viermal kräftigeres Licht anwenden; um drei Lampen in dieser Art zu ersetzen, muß das Ersatzlicht neunmal so stark sein u. s. w. Dazu kommt noch, daß das stärkere Licht, entsprechend seiner Stärke, höher angebracht werden muß als die schwächeren Lichter, was häufig nicht möglich ist, da die erforderliche Höhe nicht zur Verfügung steht. Auch ist die Bildung kräftiger Schlagschatten bei einigen wenigen, aber großen Lichtern nicht zu vermeiden.

Erzeugt man aber die Theilungslichter durch Theilung eines Stromkreises und nicht durch bloße Ableitung mehrerer getrennter Ströme aus einer Maschine, so treten noch zwei Umstände ein, die ganz entschieden die Theilungslichter als die vortheilhafteren erscheinen lassen. (Es ist wohl selbstverständlich, daß dies für Leuchtthürme und ähnliche Zwecke nicht gilt, weil hier ganz andere Bedingungen gestellt werden, als bei Beleuchtungsanlagen in Localen oder auf Straßen 2c.)

Für's erste ist es eine bekannte Thatsache, daß ein Licht ruhiger und sicherer brennt, wenn man in seinen Stromkreis einen Widerstand einschaltet unter gleichzeitiger Erhöhung der Stromstärke. Bei Einzellichtern ist dies nicht realisirbar, denn würde man einen derartigen Widerstand einschalten, so müßte ein Theil des Stromes zu dessen Ueberwindung verwendet werden, d. h. ein Theil der auf-

gewandten Arbeit geht für das Licht verloren. Bei Theilungslichtern hingegen bildet die eine Lampe den erwünschten Widerstand für die andere und umgekehrt; für die Beleuchtung geht hierbei keine Kraft verloren, da der Widerstand selbst Voltabogen ist.

Der bedeutendste Vortheil des getheilten Lichtes gegenüber dem Einzellichte liegt aber darin, daß an Leitungsmaterial ausgiebige Ersparungen eintreten, daher die Anlage einfacher und billiger wird. Diese Ersparung liegt nicht nur in der geringeren Anzahl von Drähten, die erforderlich sind, sondern auch darin, daß der einzelne Draht bei Theilungslichtern schwächer sein kann als bei Einzellichtern. Ein Beispiel, welches v. Hefner-Alteneck in einem Vortrage angegeben hat, wird dies erläutern:

»Es brennen zehn Differentiallampen in einem Stromkreise nicht weit von einander, aber sämmtliche in großer Entfernung von der stromgebenden Maschine. Der Leitungswiderstand der Maschinenwicklung und der der zehn Lichtbögen betrage zusammen zehn Einheiten. Da bei nicht gleichbleibender Stromstärke die aufzuwendende Maschinenkraft dem Widerstande der Leitung proportional ist, so würde das Hinzutreten von beispielsweise einer Einheit Leitungswiderstand eine Erhöhung der aufzuwendenden Arbeitskraft um 10 % nöthig machen, welche für die Lichtwirkung verloren gehen. Denkt man sich nun die Drahtwicklung in der Maschine in zehn Theile getheilt und durch Schleifringe beiderseitig nach außen geführt und durch einzelne Leitungen mit je einer der zehn Lampen verbunden, und es wäre dem entsprechend der im Lichtbogen und der Maschine liegende Theil des Leitungswiderstandes je eines Stromkreises eine Einheit, so darf der Widerstand jeder Leitung nur gleich 0·1 Einheit gemacht werden, um den

gleichen Procentsatz (10 %) an Arbeitskraft oder in Summa die gleiche Menge von Arbeitskraft als Verlust durch die Leitungen zuzugeben.

Man müßte darum den Querschnitt jeder der zehn Leitungen zehnmal größer machen, als im ersten Falle den Querschnitt der einen Leitung, d. h. es ist das hundertfache Gewicht an Leitungsmaterial erforderlich. Wenn also die Entfernung der Lampen von der Stromquelle den größeren Theil der Leitungslängen erfordert, dann wächst das aufzuwendende Leitungsmaterial ungefähr mit dem Quadrate der Zahl der Lichter, wenn dieselben in getrennten Stromkreisen, anstatt als getheilte Lichter in einem Kreise hergestellt werden sollen, und wenn der durch die Leitungswiderstände verursachte Verlust an Betriebskraft der gleiche bleiben soll. Das Verhältniß ändert sich etwas, wenn die Lampen in ihrer Lage zur Maschine anders vertheilt werden, das Ersparniß an Leitungsmaterial durch die Theilung bleibt aber immer ein enorm großes, so daß dasselbe in vielen Fällen, z. B. bei Straßenbeleuchtung, geradezu entscheidend für die Möglichkeit der Anlage wird.«

Was endlich die Leitungen anbelangt, so läßt sich über diese nicht viel in allgemein giltigen Regeln angeben; locale Verhältnisse spielen hierbei eine zu große Rolle. Einige Systeme bedienen sich allerdings ganz eigenartig angeordneter Leitungen und diese sollen auch entsprechenden Orts mitgetheilt werden; für alle übrigen aber mögen folgende Andeutungen genügen.

Die einfachste Art der Leitung ist die, daß man blanke Kupferdrähte an Stangen, oder wo Mauern benützt werden können, an diesen isolirt befestigt. Es ist hierbei auf sehr hoch gespannte Ströme keine Rücksicht genommen, da Systeme, die sich derselben bedienen, ohnehin von jedem

Standpunkte aus verwerflich sind. Stehen die Lampen fix, so wird der Draht gerade auf sie zugeführt; dies ist z. B. der Fall bei der Beleuchtung von Straßen. Sollen die Lampen beweglich sein, wie man dies in den meisten geschlossenen Räumen wegen des bequemeren Einsetzens der Kohlenstäbe, Putzens u. s w. gewöhnlich wünscht, so müssen die letzten Drahtstücke gegen die Lampen zu aus biegsamen Kabeln hergestellt werden. Bei diesen muß auf sorgfältige Isolirung gesehen werden, da sonst leicht ein kurzer Schluß entstehen kann, der das Erlöschen der Lampe mit sich brächte.

Ein guter Leitungsdraht soll mindestens 96 % jener Leitungsfähigkeit haben, die das reine Kupfer besitzt. Die Dicke des Drahtes richtet sich hauptsächlich nach der Stärke des Stromes, für dessen Leitung er bestimmt ist.

Mit Gramme'schen Maschinen (Modell A) genügen nach Crompton nachfolgende Drahtgewichte per 100 Yards (à 0·91437 Meter).

Entfernung von der Maschine in Yards	Kupfergewicht per 100 Yards in Kgr.	Durchmesser in Millimeter	Widerstand per 100 Yards in Ohms
50	5·67	3·05	0·23
100	7·09	3·40	0·177
150	8·94	4·19	0·124
200	14·39	4·86	0·095
250	17·44	5·38	0·075
300	19·18	5·59	0·066
400	21·36	6·05	0·056

Im Nachstehenden sind die Systeme nach den Lampen benannt, welche sie verwenden.

System Gramme.

Die Lampe (S. 107) ist erst in der jüngsten Zeit construirt worden und war bei der Pariser Ausstellung im Jahre 1881 zur theilweisen Beleuchtung der großen Halle im Industriepalaste verwendet. Zu ihrem Betriebe wurden Gramme'sche Maschinen (S. 38) benützt.

System Siemens.

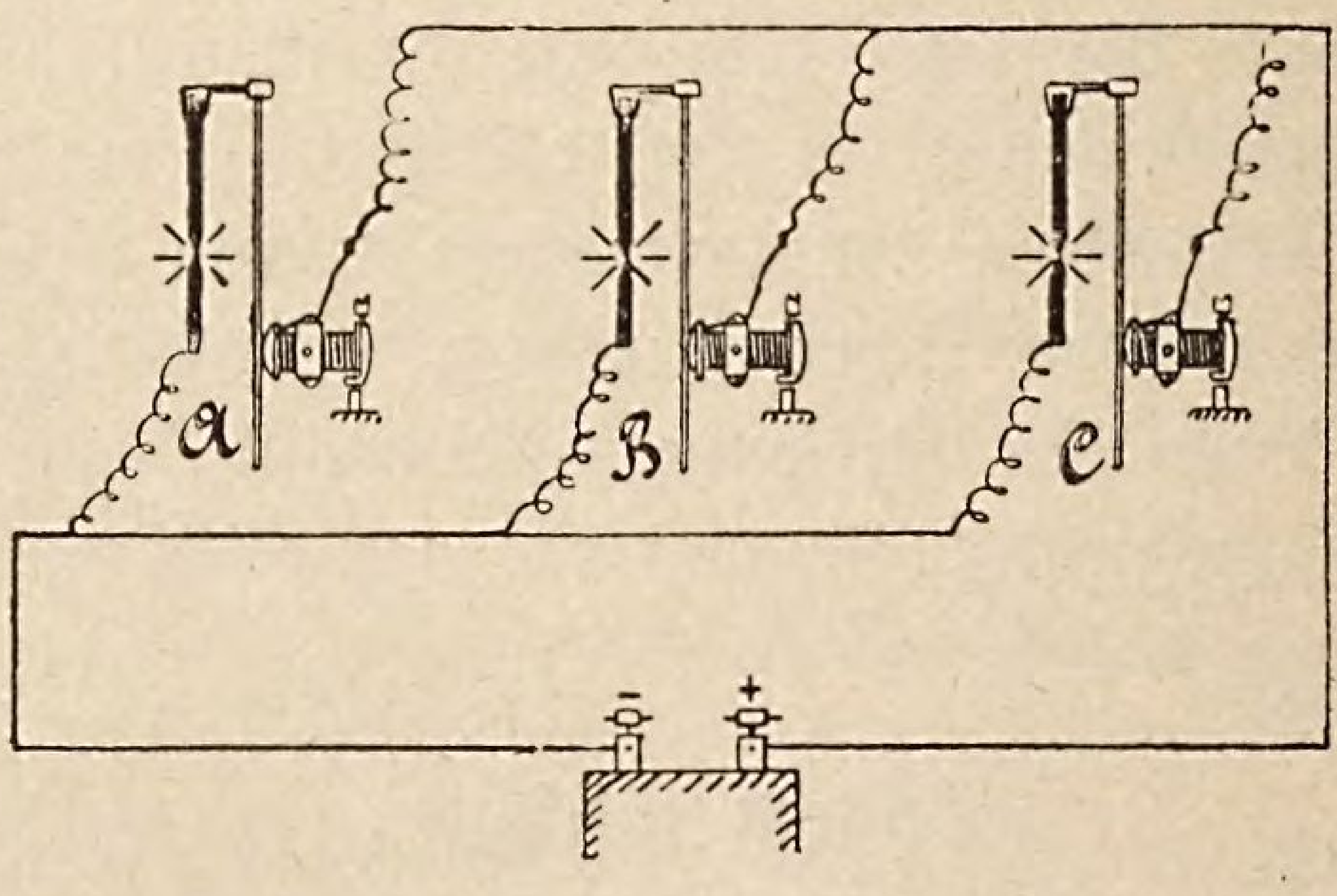
Obwohl die Differentiallampe (S. 101) sowohl für gleichgerichtete als auch für Wechselströme construirt ist, wurde dieselbe bis jetzt doch fast ausschließlich mit der Wechselstrom-Maschine (S. 68) derselben Firma combinirt. In einem Stromkreise könnten nahezu beliebig viele Lampen eingeschaltet werden, wenn hierdurch nicht die Spannung, die man dann den Strömen geben müßte, eine zu hohe würde. Bis zu zwanzig Lampen hat man es übrigens bereits gebracht.

System Gülcher.

Die Gülcher'schen Lampen (S. 109) werden durch Maschinen gleichen Namens gespeist (S. 85). Bemerkenswerth ist die Schaltungsweise mehrerer Lampen in einen Stromkreis, wodurch bewirkt wird, daß eine Lampe gewissermaßen der Regulator der anderen wird. Angenommen, es seien zunächst zwei Lampen A und B (Fig. 71) in den Stromkreis eingeschaltet und die Lampe A sei angezündet durch Schluß ihrer Zweigleitung; nun schließt man auch die zweite Zweigleitung für die Lampe B. Der von der Maschine kommende Strom theilt sich nun in einen Zweig, welcher durch A geht und in einen, welcher durch B geht. In B berühren

sich die Kohlen, es wird daher der Widerstand geringer sein als in A, wo der Strom den bedeutenden Widerstand des Voltabogens zu überwinden hat. In Folge dessen wirkt in B der Elektro-Magnet kräftig und entfernt dadurch die Kohlen von einander. Zur selben Zeit war der Strom in A schwächer und die Kohlen konnten sich nähern. Nun hat sich das Verhältniß umgekehrt: die Kohlen sind in A näher aneinander, in B weiter von einander; es wirkt der Magnet in A stärker und in B schwächer, also werden in A die Kohlen von einander entfernt, in B einander genähert.

Fig. 71.



Dieses Spiel geht solange fort, bis sich zwischen beiden Lampen das der Stromstärke entsprechende Gleichgewicht hergestellt hat, was thatsächlich in kürzester Zeit erreicht ist. Es ist klar, daß man dann eine dritte Lampe C einschalten kann, die sich mit den zwei ersten Lampen, diese als Ganzes betrachtet, wieder in's Gleichgewicht setzt u. s. w.

Die gleichmäßige Vertheilung der Ströme für die einzelnen Lampen wird durch Parallelschaltung und dadurch erreicht, daß der Querschnitt der Leitung immer derjenigen Stromstärke entspricht, die an der betreffenden Stelle vorhanden sein soll. Um dies zu erreichen, berechnet man

zunächst für die Anzahl m der einzuschaltenden Lampen den Querschnitt der Leitung für den Hauptstrom nach der Formel

$$\frac{\pi D^2}{4} \text{ oder}$$

$$\frac{m \pi d^2}{4}\text{; man hat also}$$

$$\frac{m \pi d^2}{4} = \frac{\pi D^2}{4} \text{ oder}$$

$$d = D \sqrt{\frac{1}{m}}$$ als Größe für den Durchmesser eines Theildrahtes. Nun bildet man aus m Drähten vom Durchmesser d ein Drahtbündel, verbindet das eine Ende dieses Bündels mit einem Pole der Maschine (Fig. 72) und führt es dann bis zur Lampe I; hier zweigt man einen Leitungsdraht ab, führt die übrigen m — 1 Leitungsdrähte bis zur Lampe II, zweigt wieder einen Draht ab, führt die m—2 Drähte zur Lampe III u. s. w. bis zur letzten Lampe, für welche noch ein Draht übrig bleibt. Ein zweites, ebenso starkes Bündel verbindet man mit dem zweiten Pole der Maschine, führt dieses dann bis zur letzten Lampe, zweigt einen Draht ab, führt die übrigen m — 1 Drähte zur vorletzten Lampe u. s. w. und verbindet endlich den zuletzt übrig gebliebenen Draht mit der Lampe I.

Aus der Figur 72 ersieht man leicht, daß die Weglängen aller Theilströme unter einander gleich groß sein müssen. Aber der Querschnitt der Leitung entspricht an jeder Stelle genau der Strommenge, welche dieselbe durchfließen soll. Da die Intensität J des Hauptstromes gleich ist der Summe der

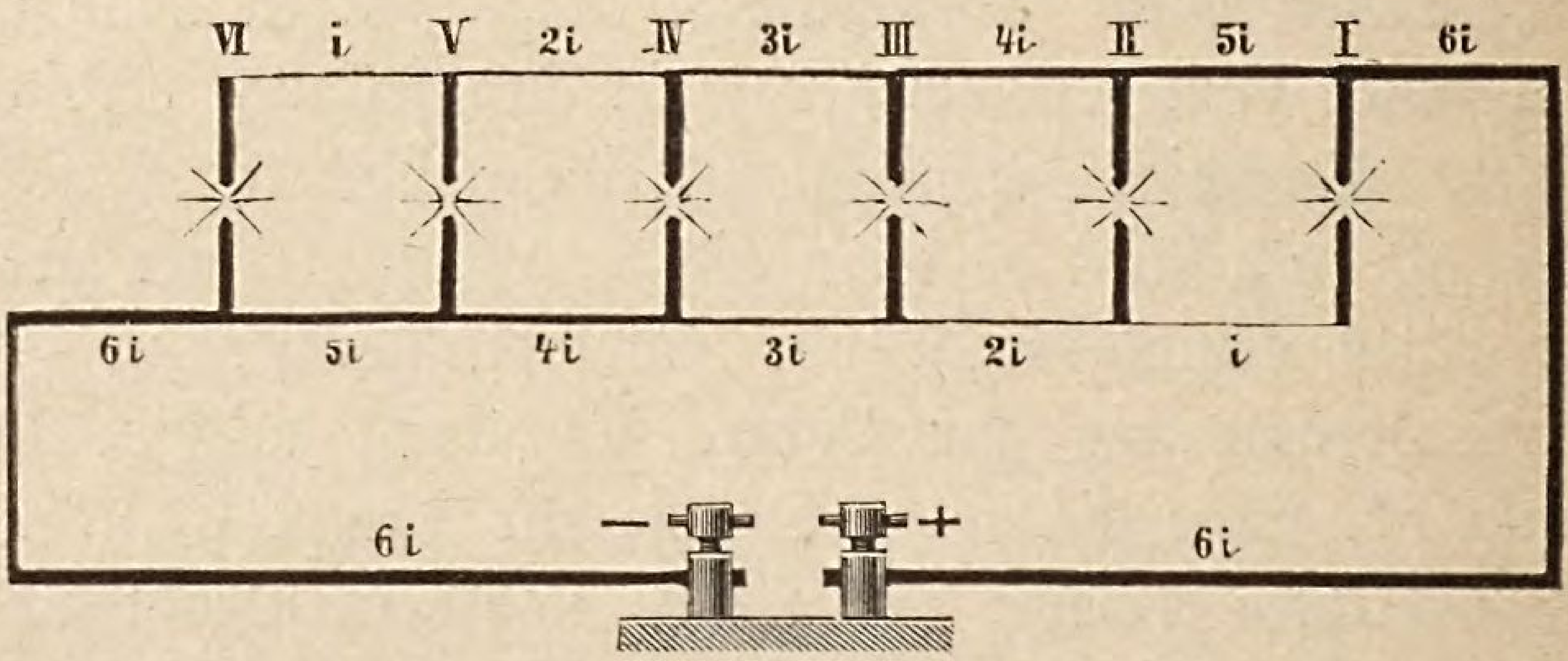
Intensitäten der Nebenströme, so kann man bei m Nebenströmen von der Intensität i schreiben

$$J = m\ i.$$

Es fließt also in der Hauptleitung bis zur Lampe I ein Strom von der Intensität $J = m\ i$, von der Lampe I zur Lampe II ein Strom von der Intensität $\frac{m-1}{m} J = (m-1)\ i$, von der Lampe II zur Lampe III $(m - 2)\ i$ u. s. w.

Ganz in derselben Weise nimmt aber auch der Querschnitt der Leitung ab. Betrachtet man die Rückleitung,

Fig. 72.



so kommt man zu demselben Resultate. Das Problem der Theilung ist also hier durch Parallelschaltung gelöst und letztere durch die einfache Construction der Lampen ermöglicht.

Die Vorzüge dieses Systems sind folgende: die sichere Wirkungsweise der Lampe bei einfacher Construction und daher billigem Preise. Das Licht ist gelblich-weiß bis rein weiß, frei von violetten Nuancen, die in Folge der Anwendung hochgespannter Ströme bei anderen Lampen oft störend wirken; es ist voll und daher nicht so blendend, die Anzahl der Lampen, die in einen Stromkreis ein-

geschaltet werden können, ist nahezu unbegrenzt, eine oder mehrere Lampen können beliebig ausgelöscht oder wieder angezündet werden, ohne die übrigen Lampen merklich zu beeinflussen; ebenso können auch nach Wunsch gleichzeitig größere und kleinere Lampen gespeist werden. Wegen der geringen Spannung der Ströme ist die Isolirung der Leitung einfach und daher billig, die Bedienung der Lampen während des Betriebes, ja selbst das Berühren blanker Stellen der Leitung ohne jede Gefahr.

Obwohl dieses System mehr an Leitungsmaterial braucht als andere Systeme, so bildet dies doch keinen wesentlichen Nachtheil, da einerseits die Lampe wenig Draht enthält, andererseits die Leitung selbst durch die Leichtigkeit, mit welcher eine genügende Isolirung erreicht wird, weniger Kosten verursacht.

System Brush.

Die Brush-Lampen werden stets mit Brush-Maschinen in Thätigkeit gesetzt. Die Maschinen arbeiten mit sehr bedeutender Spannung, erlauben daher eine große Anzahl von Lampen in einen Stromkreis einzuschalten. Diesem Umstande ist es auch zuzuschreiben, daß dieses System in Amerika Verbreitung fand. Es ist das aber kein Vorzug, denn die hohe Spannung erzeugt unruhige, zuckende, häufig färbige Lichter, der Betrieb ist höchst unsicher und unverläßlich und so kam es, daß zum Beispiele bei der Straßenbeleuchtung in London durch einen bloßen Regen die Isolirung derart gestört wurde, daß alle Lichter erloschen. (Siehe Installationen). Außerdem ist es auch durchaus nicht ungefährlich, die Lampen zu bedienen.

Die übertriebene Anzahl der in einen Stromkreis eingeschalteten Lampen, vierzig und weit darüber, bedingt eine Spannung des Stromes, die lebensgefährlich werden kann.*)

Die Lampen von Serrin und Jaspar werden häufig mit Maschinen von Gramme betrieben und mit der Lampe von Piette und Křižik wird die Flachringmaschine von Schuckert combinirt. Crompton bedient sich verschiedener Maschinen, am häufigsten jedoch der Maschine von Bürgin.

System Jablochkoff.

Die Jablochkoff-Kerzen wurden vorwiegend mit Gramme'schen oder Siemens'schen Wechselstrom-Maschinen betrieben. In jüngster Zeit hat Jablochkoff selbst eine Maschine construirt und bei der Pariser elektrischen Ausstellung dem Publikum vorgeführt. Die Beschreibung der Maschine wurde in das vorliegende Buch nicht aufgenommen, weil über diese Maschine noch keinerlei praktische Erfahrungen vorliegen.

Es soll nur beiläufig bemerkt werden, daß von ihr eine große Anzahl einzelner, kleiner Stromkreise erhalten werden kann, also die Theilung des Lichtes zum Theil in der Maschine durchgeführt ist. Eine große Anzahl von Kerzen in einen Stromkreis einzuschalten, wird stets vermieden, um nicht hochgespannte Ströme anwenden zu müssen, die den Betrieb gefährden würden.

*) So theilt die k. k. „Wiener Zeitung" vom 9. Januar 1882 mit, daß im Hatfield House ein 22jähriger Arbeiter durch Berührung der Leitungsdrähte erschlagen wurde. Die dynamische Maschine speiste die enorme Anzahl von 117 Brush-Lampen!

Da eine Kerze nur anderthalb Stunden brennt, muß jede Lampe deren mehrere enthalten; gewöhnlich werden vier Kerzen in eine Lampe eingesetzt. Ist eine Kerze abgebrannt,

Fig. 73.

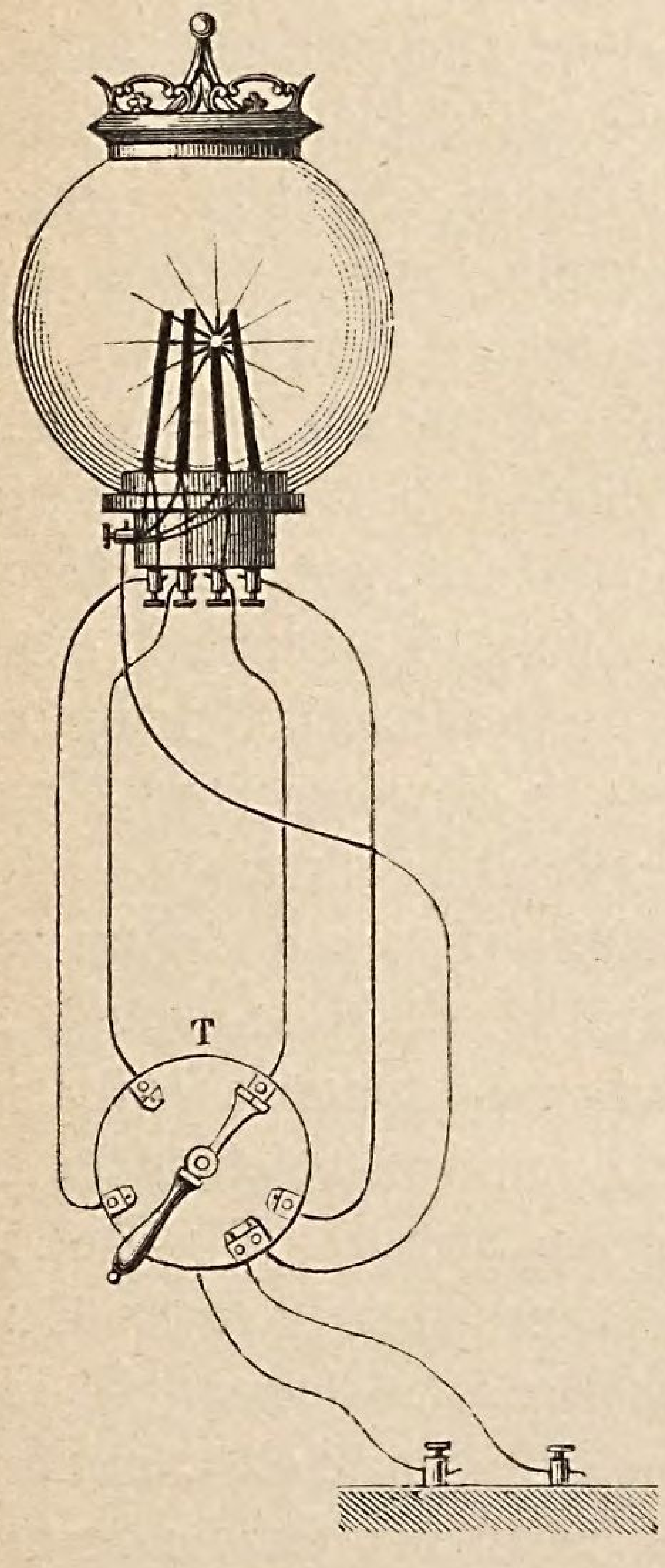
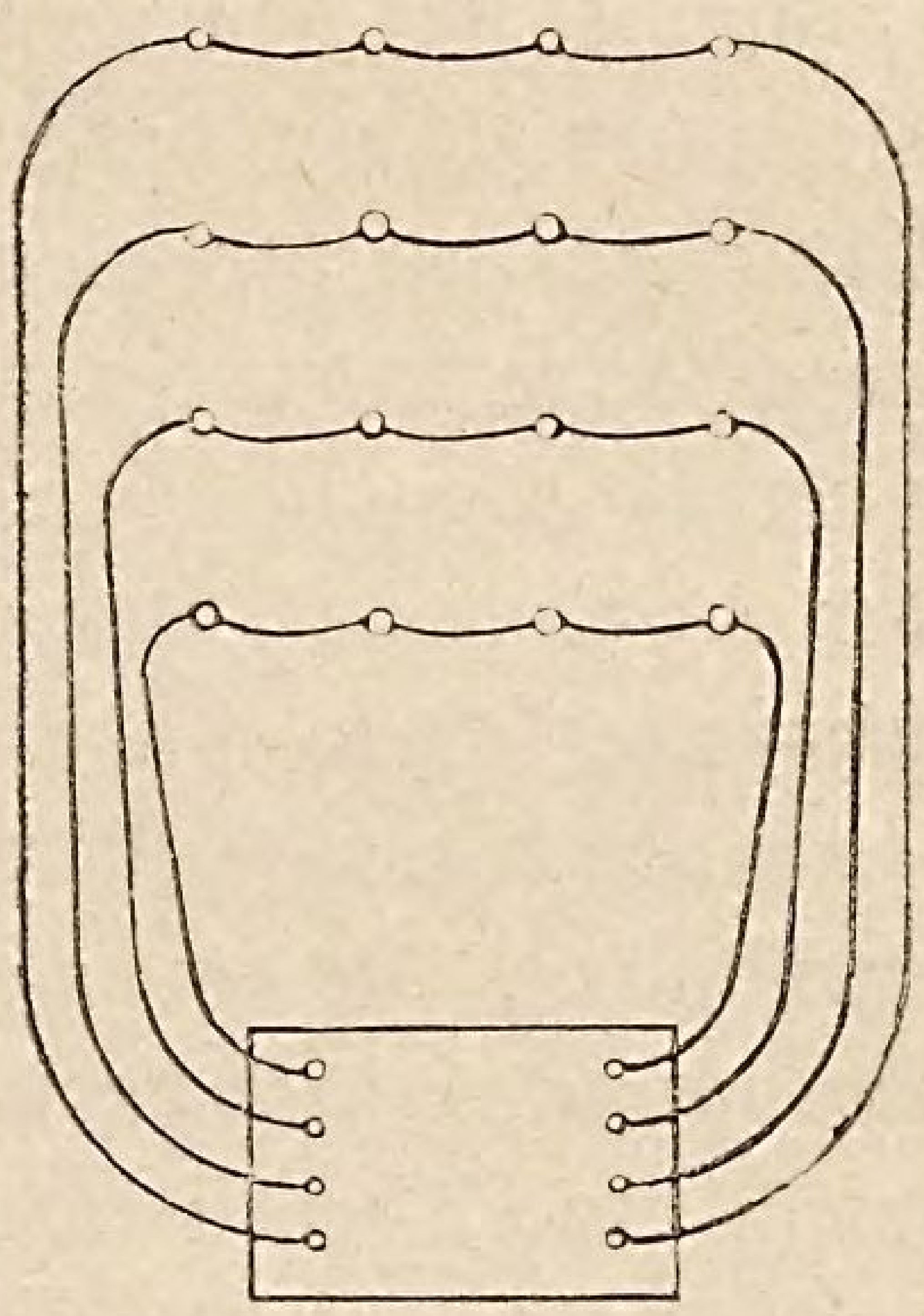


Fig. 74.



so dreht man den Commutator T (Figur 73), so daß die nächste Kerze in den Stromkreis eingeschaltet ist. In der Avenue de l'opéra, die seit etwa drei Jahren in den ersten Nachtstunden regelmäßig elektrisch beleuchtet ist, befindet sich der erwähnte Commutator im Fuße des Candelabers und muß nach je anderthalb Stunden gedreht werden. Es

stehen dort 3 Gramme'sche Maschinen mit je 4 Stromkreisen zu 4 Lampen, also zusammen 48 Lampen in Gebrauch. Figur 74 zeigt diese Schaltungsart schematisch.

Die Leitungsdrähte sind aus Kupfer mit Kautschuk überzogen und in Steingutröhren geführt. Um das Erlöschen zu verhindern, hat man dort auch versucht, in jede Lampe vier Kerzen von verschiedenem Leitungswiderstande einzusetzen und alle gleichzeitig in den Stromkreis einzuschalten; es brennt dann natürlich immer jene Kerze, welche den geringsten Widerstand besitzt. Erlischt diese, so entzündet sich von den übrigen drei Kerzen wieder jene, die unter diesen dreien den geringsten Widerstand besitzt. Ein Erlöschen der Lampe wird dadurch wohl verhindert, aber es ist damit ein großer Stromverlust verbunden. Nach einer Berechnung von Oechselhäuser soll die Beleuchtung der Avenue de l'opéra der Pariser Commune das Dreizehnfache kosten, als die frühere Gasbeleuchtung.

Eine andere Methode, das Erlöschen der Lampen zu verhindern, die im Hafen zu Havre in Anwendung gekommen ist, besteht darin, daß man zwei gesonderte Leitungen durch die Laternen führt, die mit einem Stöpselumschalter im Fuße der Laterne in Verbindung stehen. Die Drahtleitungen gehen dann in das Maschinenhaus zu einem Umschalter mit zwei Contacten. In der Hauptleitung ist ein Elektro-Magnet mit einer Alarmglocke eingeschaltet, welcher letztere dann zum Tönen bringt, wenn der Strom in der Hauptleitung durch irgend eine Ursache unterbrochen wird. Der Maschinenwärter hat nun den Umschalter auf den zweiten Contact zu drehen und bewirkt dadurch das Brennen einer zweiten Serie von Kerzen. Dann geht ein Arbeiter von Laterne zu Laterne und schaltet die Stöpseln um, so daß bei einer neuerlichen Drehung des Umschalters im

Maschinenhause eine neue Serie von Kerzen eingeschaltet werden kann. Dadurch kann allerdings nur ein momentanes Erlöschen eintreten, aber es wird bei dieser Einrichtung sehr viel theueres Leitungsmaterial verbraucht.

Auch andere selbstthätige Vorrichtungen, um beim Erlöschen einer Kerze sofort eine andere anzuzünden, sind angewendet worden, wie z. B. eine Art Quecksilbercommutator auch in der Pariser Ausstellung zu sehen war, aber in der Praxis scheinen sie sich nicht zu bewähren.

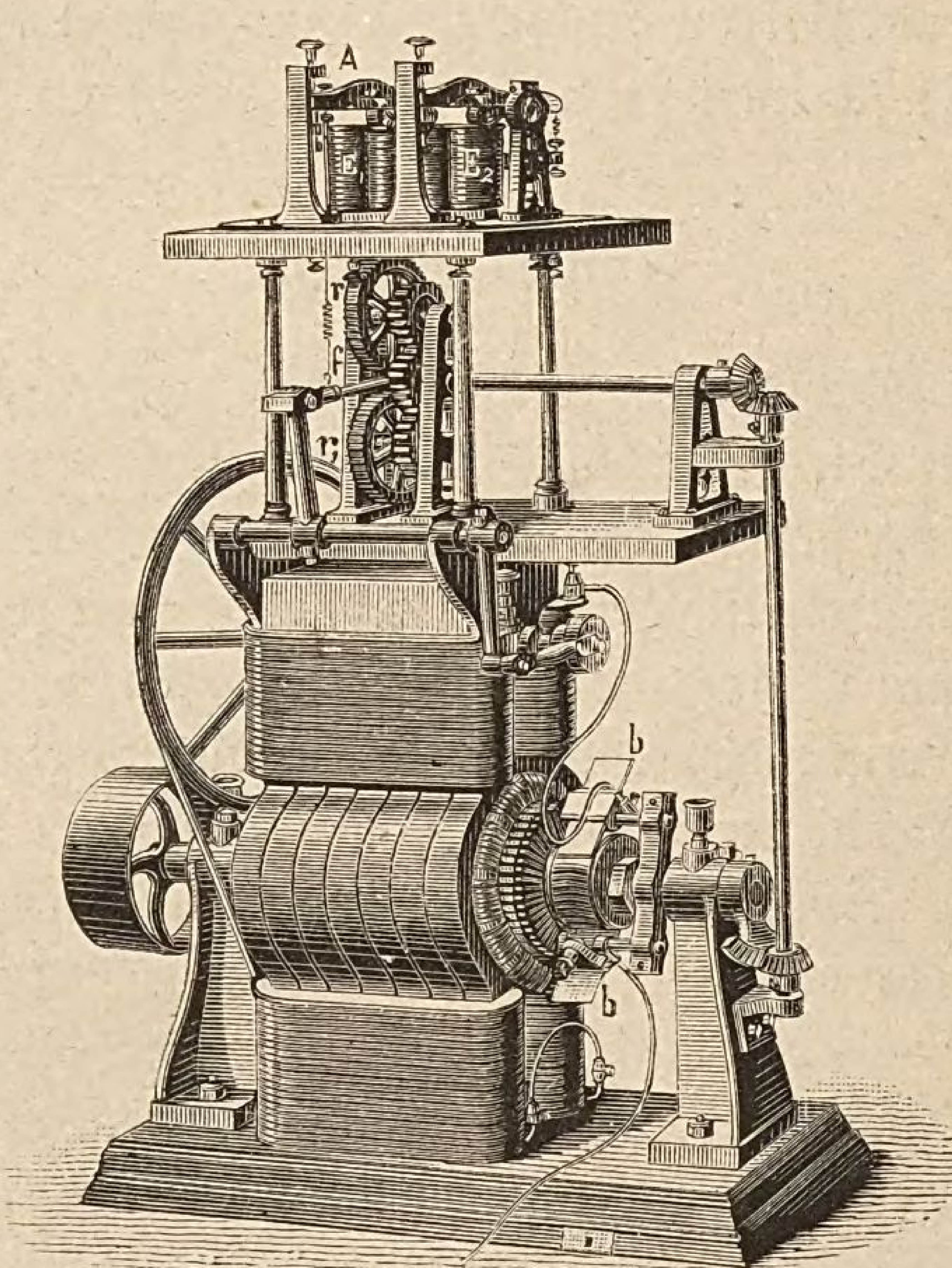
System Maxim.

Für Glühlampen (S. 142) mit Kohlenbogen ist es sehr wichtig, die Stromstärke stets dem jeweiligen Bedürfnisse an Lampen anpassen zu können. Eine plötzliche starke Steigerung des Stromes, wie sie durch das Abstellen einer größeren Anzahl Lampen in einem Stromkreise eintreten kann, würde auf die noch brennenden Lampen sehr gefährlich einwirken und deren Kohlenbögen in vielen Fällen zerstören. Zur Hintanhaltung dieser Gefahr hat Maxim einen Regulator erdacht, der auf die dynamische Maschine derart einwirkt, daß diese nie einen stärkeren Strom erzeugt, als im Stromkreise benöthigt wird. Um dies zu ermöglichen, muß die Kraft der inducirenden Magnete, also die Stärke des die Magnete erregenden Stromes vermehrt oder vermindert werden können. Das Mittel, um auf den Strom in dieser Art einzuwirken, fand Maxim darin, daß er die Bürsten um den Stromsammler derart dreht, daß sie sich der neutralen Linie nähern oder sich von ihr entfernen und so den Erregungsstrom stärken oder schwächen.

Figur 75 zeigt die Ausführung dieser Idee. Ein auf der Maschine angebrachter Elektro-Magnet E_1 von großem

Widerstande ist in den Hauptstrom eingeschaltet und zieht mit einer Kraft, welche sich nach der Stärke des Stromes richtet, den Anker A an. An diesem ist ein Sperrkegel f mit zwei einander entgegengesetzt (nach oben und unten) gerichteten Zähnen aufgehängt, welcher von der Achse der

Fig. 75.



Maschine durch eine Transmission eine hin- und hergehende Bewegung erhält. Dieser Sperrkegel bewegt sich zwischen zwei Zahnrädern r und r_1, ohne diese zu berühren, so lange der Strom, welcher durch den Magnet geht, seine normale Stärke besitzt. Wird der Strom durch das Anzünden neuer Lampen geschwächt, so hebt sich der Anker, da er vom

Elektro-Magnete nicht mehr so stark angezogen und durch entgegenwirkende Kraft, z. B. eine Feder, sogar abgezogen wird; mit ihm wird auch der Sperrkegel gehoben, der jetzt mit seinem oberen Zahne in die Zähne des Rades r eingreift und dieses bei je einem Hin- und Hergange um einen Zahn weiter dreht. Durch einige Zwischenräder wird diese Drehung auf die Bürsten b b übertragen, wodurch diese ihre bisherige Stellung verlassen und hiermit den Strom verstärken. Die entgegengesetzte Bewegung und daher auch Wirkung tritt ein, wenn der Strom durch das Auslöschen mehrerer Lampen zu stark geworden ist.

Ein zweiter Elektro-Magnet E_2 spielt die Rolle eines Sicherheitsventils. Die Spannung der Feder oder sonstigen Hemmung, welche der Anziehung des Ankers durch diesen Magnet entgegenwirkt, ist so regulirt, daß sie nur durch ein außergewöhnliches Anwachsen des Stromes im Elektro-Magnete überwunden wird. (Ein derartiges Anwachsen der Intensität kann durch zufällige oder böswillige Unterbrechung einer Hauptleitung eintreten.) In diesem Falle gelangt die Verlängerung des Ankers an einen Platin-Contact, wodurch die Inductionsspulen der Maschine in den Stromkreis eingeschaltet werden und durch ihren Widerstand den Strom derart schwächen, daß eine Beschädigung der Lampen unmöglich ist.

System Swan.

Swan (S. 147) ist eigentlich erst gegenwärtig damit beschäftigt, Systeme zu studiren, um dann eines definitiv anzunehmen. Vorläufig bedient er sich zur Stromerzeugung sowohl der Secundärbatterien, als auch verschiedener dynamischer Maschinen. Mit der Maschine von Brush, welche hochgespannte

Ströme liefert, können nach seinen Angaben in 16 Parallelkreisen je 10, also zusammen 160 Lampen (auf Spannung verbunden) betrieben werden. Bei Anwendung von Maschinen für schwach gespannte Ströme müssen die Lampen hintereinander eingeschaltet werden.

Da Swan keinen Regulator hat, müssen aber in jedem Falle Stromstärke und Zahl der Lampen in einem constanten Verhältnisse stehen, wenn nicht die Lampen der Gefahr einer Beschädigung ausgesetzt werden sollen. Dies wird am besten dadurch erreicht, daß man auf Maximaleffect arbeitet, d. h. die Schaltung derart macht, daß selbst für das Maximum, zu welchem der Strom anwachsen kann, keine Gefahr für die Lampen resultirt und daß man trachtet, den Gang der Maschine immer auf der Höhe ihrer Leistungsfähigkeit zu erhalten.

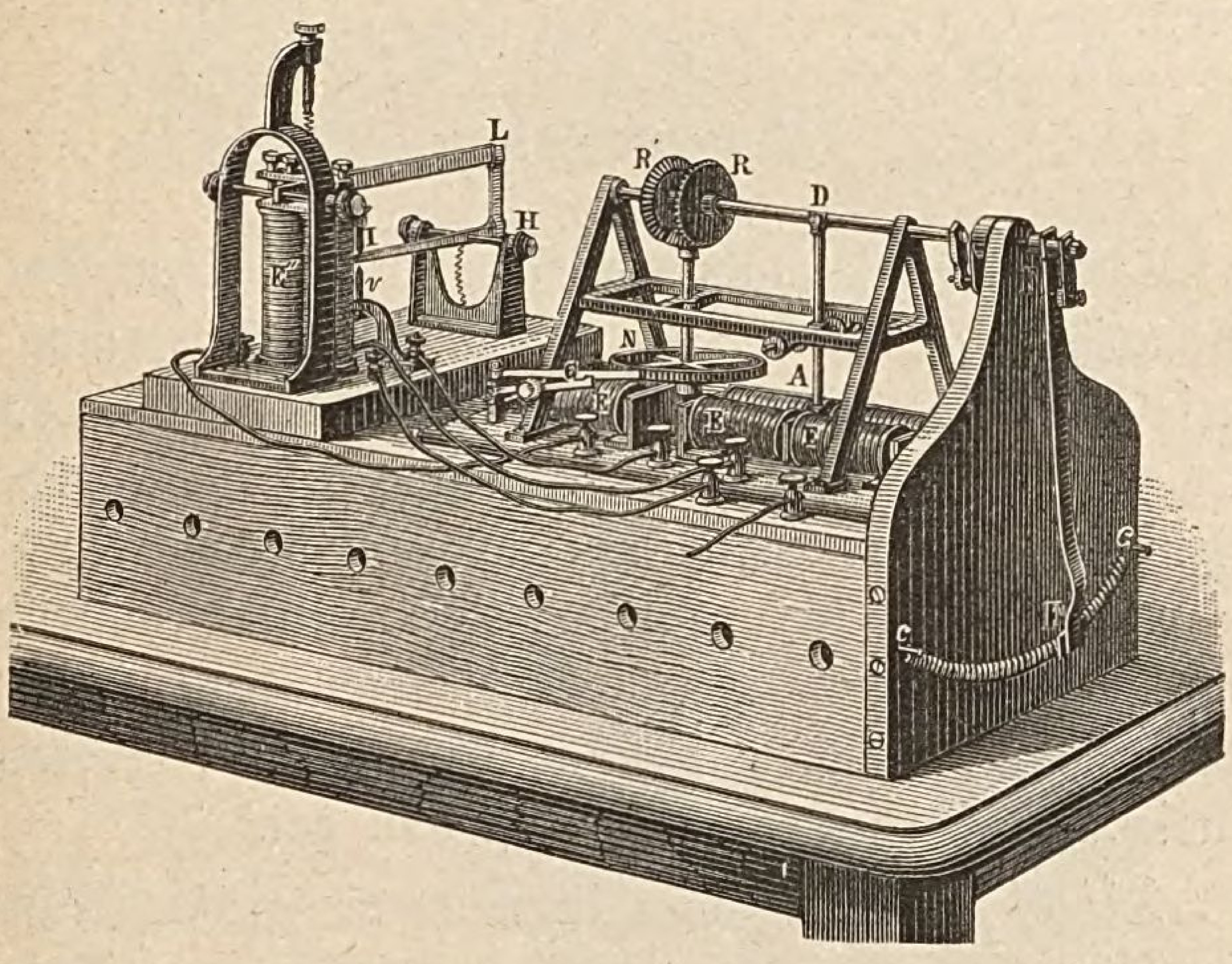
System Lane-Fox.

Die Lampen von Lane-Fox (S. 148) werden durch Maschinen von Brush (S. 80) betrieben, wenigstens hat die Brush-Company das französische Patent erworben. Lane-Fox hat auch einen automatisch wirkenden Stromregulator construirt und vorläufig bei der Pariser Ausstellung in Anwendung gebracht, jedoch ist dessen Construction noch nicht als endgiltig für das System bestimmt anzusehen.

In eine Abzweigung des Lampenstromes ist ein Apparat H E'' (Fig. 76) nach Art der Doppel-Relais eingeschaltet, kann also zweierlei Contacte schließen, je nachdem der Anker angezogen wird oder nicht. Mit jedem dieser Contacte steht ein Elektro-Magnet E' in Verbindung, deren beide auf einen gemeinschaftlichen Anker A wirken. Der Anker wird daher nach der einen Seite sich bewegen, wenn

der eine Magnet durch das Relais in Thätigkeit gesetzt wird, nach der anderen Seite, wenn der andere Magnet in Action tritt. Mit diesem Hin- oder Herbewegen des Ankers wird aber auch eine horizontale Welle ihrer Längsrichtung nach in dem einen oder anderen Sinne verschoben. Diese Welle trägt nun einerseits zwei gegen einander gerichtete verticale Zahnräder RR' und andererseits einen

Fig. 76.



Schleifhebel F. Zwischen beiden Zahnrädern dreht sich ein Triebrad und mittelst dessen ein drittes horizontales Zahnrad N; es ist begreiflich, daß, wenn durch das Verschieben der horizontalen Welle einmal das eine und ein nächstes Mal das andere entgegengesetzt gestellte verticale Zahnrad zum Eingriff gebracht wird, die Welle das erste Mal in der einen, das zweite Mal in der entgegengesetzten Richtung gedreht werden muß. Mit ihr dreht sich nun auch der Schleifhebel und kommt so mit einer Reihe von im Kreise angebrachten Contacten cc

in Berührung; jeder Contact steht mit einer Widerstandsrolle in Verbindung und schaltet diese, sobald er mit dem Hebel in Berührung kommt, in den Stromkreis ein. Die Contacte sind so angeordnet, daß bei einer Drehung des Hebels in einem Sinne immer größere Widerstände folgen, bei der entgegengesetzten Drehung immer kleinere.

Die Regulirung des Stromes wird also durch automatische Einschaltung von Widerständen in den Stromkreis bewirkt.

System Edison.

Edison's Beleuchtungssystem ist in allen Theilen vollständig ausgearbeitet: die Maschine zur Erzeugung der elektrischen Ströme in der Centralstation, der Apparat zu deren Regulirung, die Leitung in den Straßen, die Abzweigungen für die Privatwohnungen, Geschäfte 2c., die den verschiedenen Bedürfnissen entsprechend construirten Lampen (S. 150) und der »Elektricitätsmesser«, d. h. der Apparat, welcher die von einem Consumenten verbrauchte Elektricität zu messen und zu registriren hat.

Die Generatormaschine ist wohl die größte Maschine dieser Art, die je construirt worden ist. Der ganze Apparat (Fig. 77) umfaßt eine horizontale Dampfmaschine von 125 Pferdekräften und eine kolossale dynamische Maschine; beide auf einer Grundplatte fundirt, bilden eigentlich eine einzige Maschine. Eine beiläufige Vorstellung ihrer Dimensionen dürfte man bekommen, wenn man bedenkt, daß sie ein Gewicht von mindestens 17 Tonnen hat; davon kommen etwa 10 Tonnen auf die Elektro-Magnete und 2·5 Tonnen auf die Armatur. Die Welle des Motors ist in der Verlängerung der Welle der dynamischen Maschine angebracht

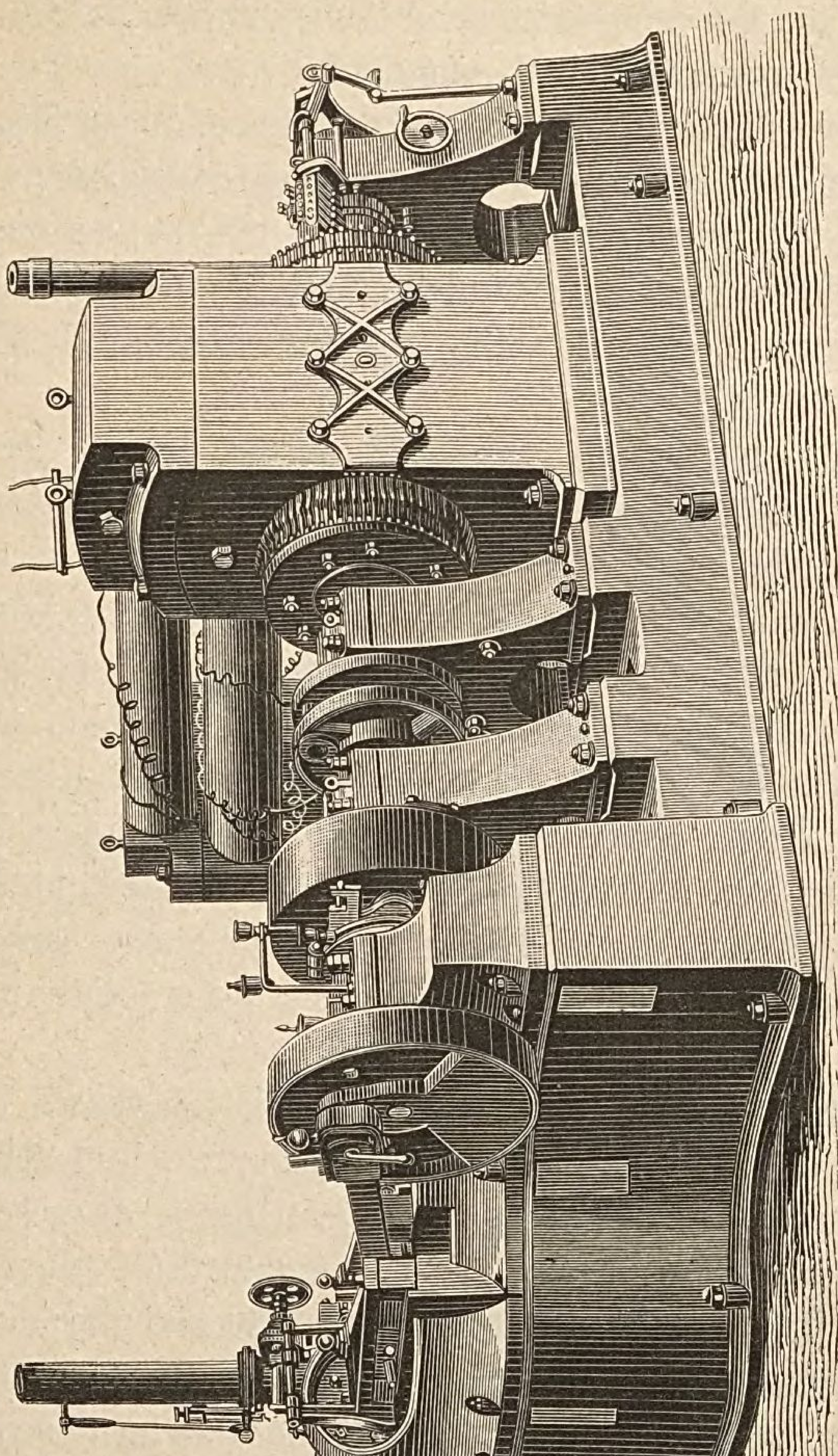


Fig. 77.

und die beiden Wellen sind durch eine Kuppelung verbunden; man vermeidet dadurch alle Transmissionsriemen,

und macht so ein plötzliches Verlöschen der Lichter durch Abgleiten eines Riemens unmöglich.

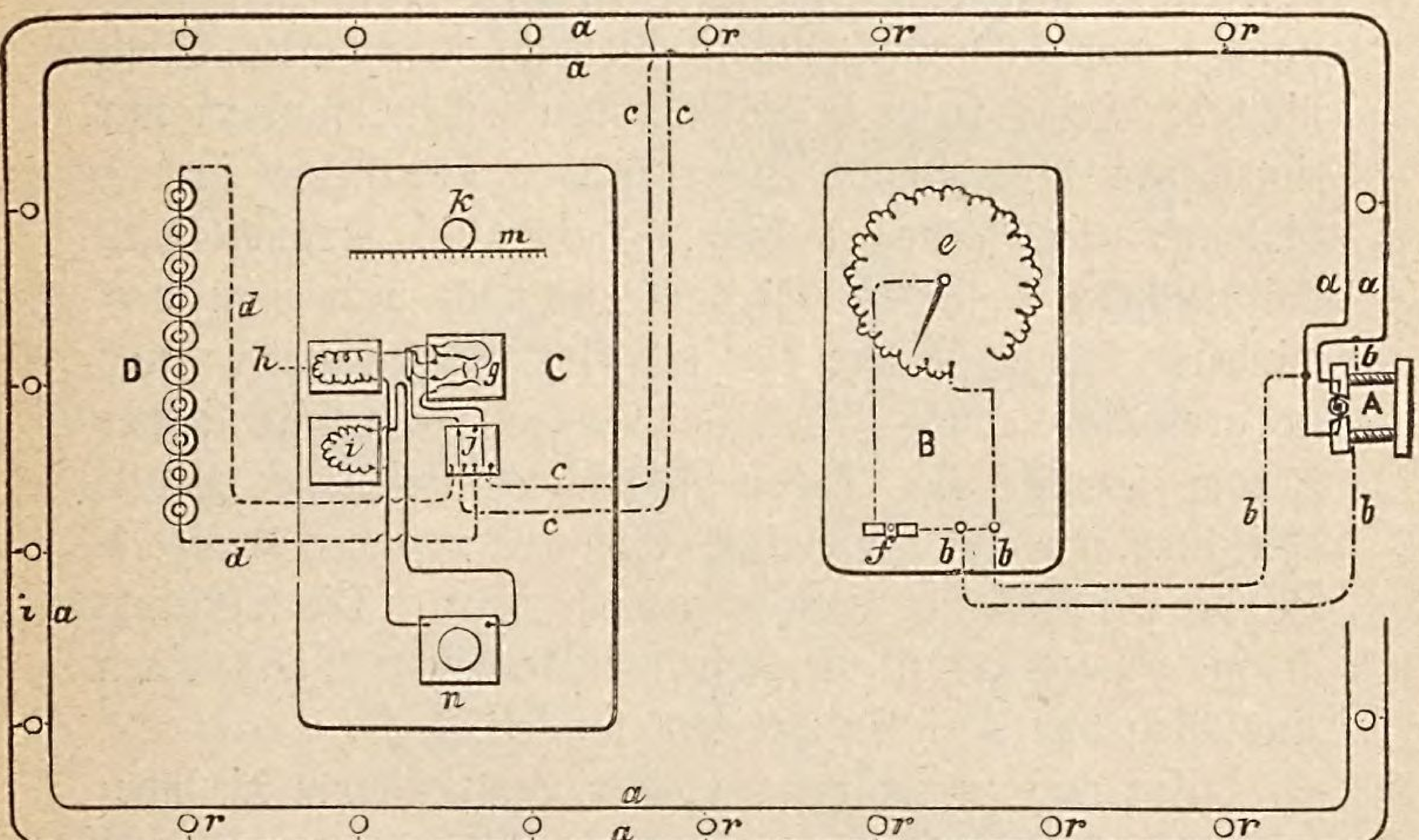
Der Motor ist mit einem sehr symmetrischen Regulator versehen, dessen äußere Form einem Flügel gleicht; er ist auf die Hauptwelle derart aufgesetzt, daß er der Luft nur wenig Widerstand leistet und wirkt direct auf die Stellung des Excenters, der den Gang des Schiebers für die Dampfzuströmung regulirt.

Die dynamische Maschine wurde bereits Seite 91 beschrieben. Edison zieht es vor, die Regulirung der Stromstärke durch eine eigens dazu bestellte Person bewerkstelligen zu lassen und nicht durch die Maschine selbst, wie Maxim oder Lane-Fox. Die Apparate, welche dazu dienen, und deren Verbindung mit der Maschine und den Leitungen ist in Figur 78 schematisch dargestellt. Sie bilden zwei Gruppen, deren eine dazu dient, die jeweilige Stromstärke in der Hauptleitung messen zu können und deren zweite gestattet, diesen Messungen entsprechend den Strom so zu reguliren, daß er immer die gewünschte normale Stärke behält.

Von der Maschine A geht der Strom durch die Leitungen a a zu den einzelnen Lampen r; c c sind Leitungen, die von der Hauptleitung (Lampenleitung) ausgehen und zu einem Stromwechsler mit vier Contacten j führen. Mit diesem steht der Stromwender g in Verbindung; h ist ein sogenannter Widerstandskasten (Shunt), ein Apparat, der gestattet, verschieden große Widerstände in einen Stromkreis einzuschalten, i ein constanter Widerstand von 50.000 Ohms. Zu dem früher erwähnten Stromwechsler führen auch noch die Leitungen d d der Normalbatterie D von 110 Volts. n ist ein Thomson'scher Spiegelgalvanometer, k die Lampe desselben und m die dazu gehörige Theilung.

Der eigentliche Stromregulator B steht durch die Leitung bb mit den Umwindungen der inducirenden Magnete der Maschine A in Verbindung; bei f ist in diese Leitung ein Unterbrecher eingeschaltet; e ist ein im Kreise drehbarer Hebel, der mit einer Leitung b verbunden ist und durch Berührung mit einem der ebenfalls im Kreise angeordneten Contacte den Stromkreis bb schließt, indem er den Strom

Fig. 78.



zwingt, durch eine größere oder kleinere Anzahl von Widerständen, deren Endpunkte eben die Contacte sind, zu gehen.

Die Regulirung der Stromstärke erfolgt nun in nachstehender Weise: Mittelst der Apparate C und D wird zunächst die Stromstärke im Lampenkreise gemessen und dann durch Drehung des Hebels e ein größerer oder kleinerer Widerstand in den Stromkreis der inducirenden Magnete eingeschaltet, je nachdem man in Folge des erhaltenen

Messungsresultates den Strom schwächer oder stärker machen will. Zum leichteren Verständnisse vergleiche man die schematische Zeichnung mit der perspectivischen Ansicht des ganzen Apparates in Figur 79. Um die Strommessung vorzunehmen, stellt man die Arme des Stromwenders j nach rechts. Es geht dann ein Zweigstrom von der Lampenleitung a a aus durch c c, den Stromwender j, den Stromwechsler g, den constanten Widerstand h und den variablen Widerstand i zum Galvanometer n. Der constante Widerstand h von 50.000 Ohms ist deshalb eingeschaltet, damit nicht der Hauptstrom in seiner vollen Stärke, sondern nur ein diesem Widerstande entsprechender Theilstrom in das Galvanometer gelangen kann. Zweck des veränderlichen Widerstandes i ist, die Stromstärke noch weiter zu vermindern, wenn sie zur Messung im Galvanometer noch zu groß sein sollte. Der im Galvanometer circulirende Strom bewirkt eine seiner Stärke entsprechende Nadelablenkung, die mit Hilfe eines Spiegels und der Lampe k auf der Theilung m sichtbar gemacht wird. Die Theilung ist so gemacht, daß die Stromstärke eines Volts einen Ausschlag von drei Theilstrichen bewirkt.

Um nun zu erfahren, ob der Lampenstrom die normale Stärke besitzt, vergleicht man ihn mit dem Strome der Normalbatterie D, welche durch Drehung des Stromwechslers j nach links an Stelle des Lampenstromes in die Galvanometerleitung eingeschaltet werden kann. Der Batteriestrom geht dann durch j, g, h, i zum Galvanometer. Gibt die Nadel denselben Ausschlag wie bei Einschaltung in den Lampenkreis, so hat der Strom seine normale Stärke. Ist dies nicht der Fall, so muß er durch Einschaltung oder Ausschaltung von Widerständen dazu gebracht werden.

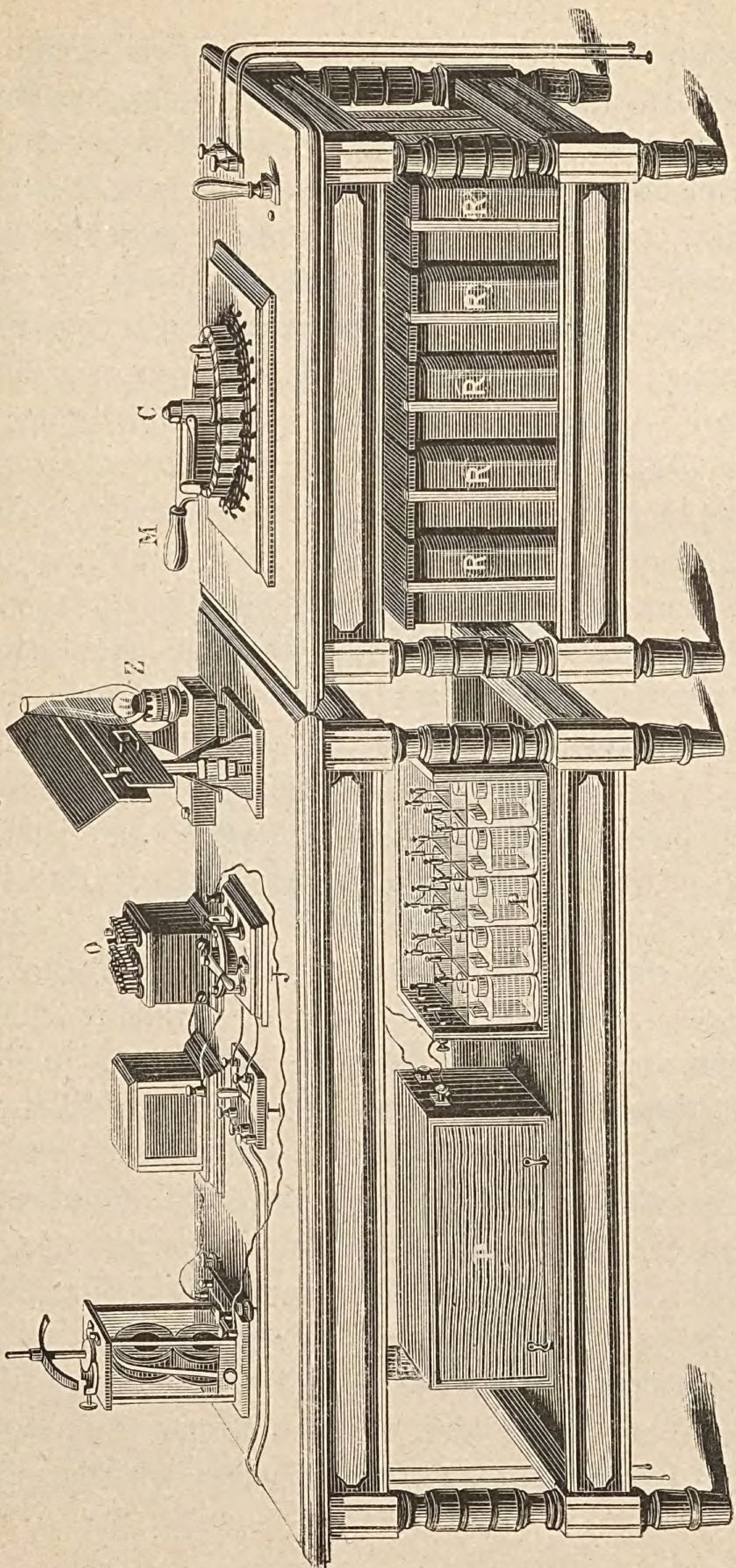
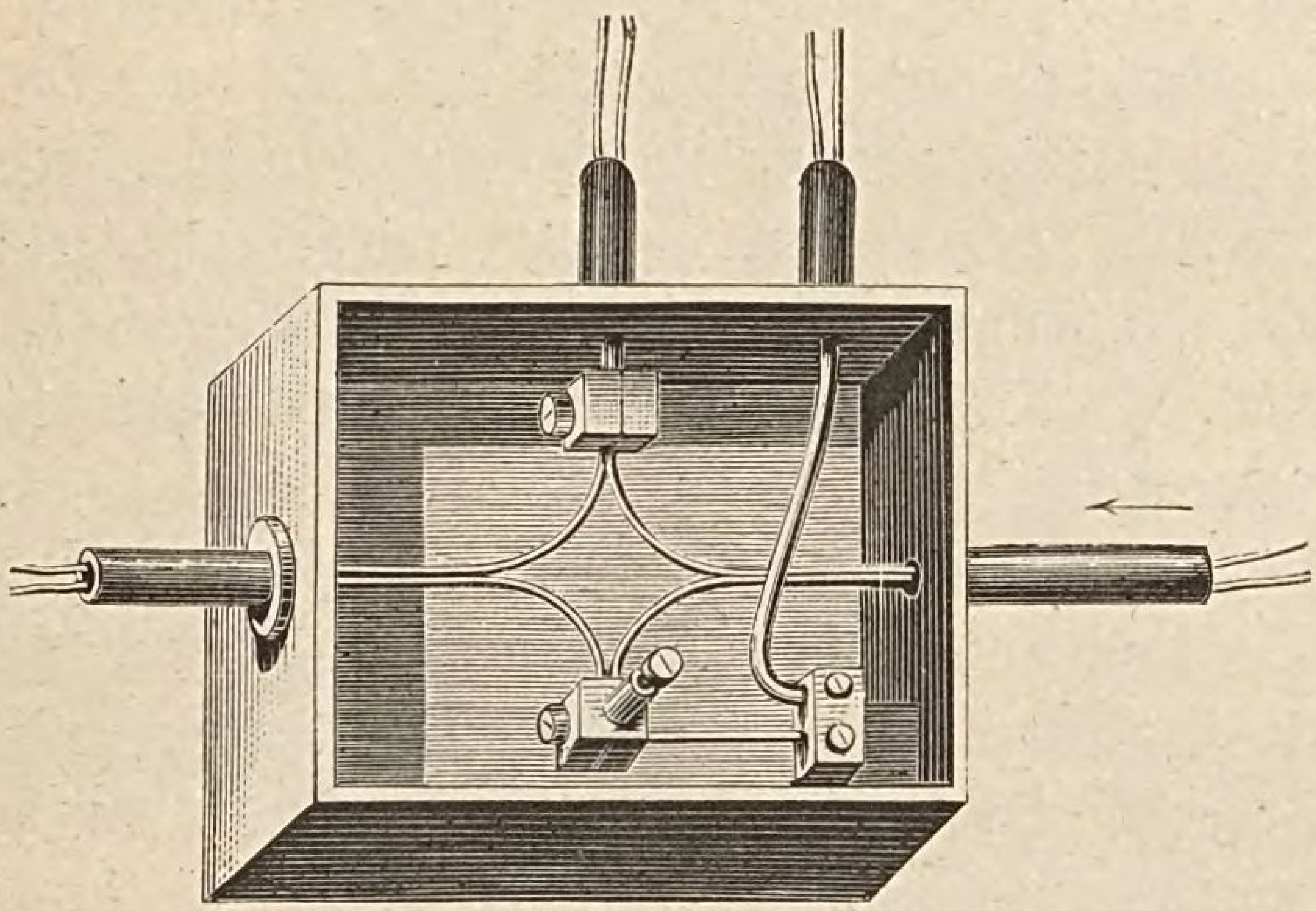


Fig. 79.

Dazu dient der Apparat B. Die im Kreise angebrachten Contacte sind, wie früher erwähnt wurde, die Enden einer Reihe von Widerständen (in Figur 79 unter dem Tische bei R sichtbar). Sie bestehen aus parallelen Brettchen, die mit vier Stäben zusammengehalten werden. Auf letztere sind blanke Kupferdrähte gewickelt. Diese Einrichtung der Widerstände wurde gewählt, um eine zu große Erwärmung der vom Strome durchflossenen Drähte zu vermeiden. (Die blanken Oberflächen der Kupferdrähte geben nämlich leicht ihre Wärme an die Luft ab.) Je nach der Stellung des Hebels e (C in der perspectivischen Ansicht) ist nun ein größerer oder geringerer Widerstand eingeschaltet. Würde man diesen Widerstand in den Hauptstrom, also in den Lampenkreis einschalten, so würde allerdings auch die Stromstärke entsprechend regulirt werden können, aber unter Verlust von Arbeit. Edison schaltet daher die Widerstände in den Stromkreis der inducirenden Magnete ein, schwächt dadurch die inducirende Wirkung und somit auch den inducirten Strom, der die Lampen speist. Hiermit ist kein Arbeitsverlust verbunden, denn die Hauptarbeit des Motors besteht darin, die Anziehung zwischen den Magneten und der Armatur zu überwinden, d. h. die Armatur zu drehen; wird nun die Kraft der Magnete geschwächt, so ist auch diese Anziehung geringer und somit hat der Motor eine geringere Arbeit zu leisten. Dies wird durch den Motor selbst bewirkt. Sobald nämlich durch die Regulirung die Magnete schwächer gemacht sind, würde der Motor, da er jetzt einen kleineren Widerstand gegen die Drehung der Armatur zu überwinden hat, rascher zu gehen anfangen. Dadurch kommt aber sein Regulator zu kräftiger Wirkung und läßt nur mehr eine kleinere Menge Dampf in den Cylinder treten, so daß also die Geschwindigkeit des Motors

constant bleibt trotz der Verminderung der Bewegungswiderstände: der Motor arbeitet also mit geringerem Kraftaufwande. Eine eigens hierzu angestellte Person hat bei der im Vorhergehenden besprochenen Stromregulirung stets den Gang der Magnetnadel im Galvanometer zu überwachen und dem entsprechend die Regulirung des Lampenstromes vorzunehmen. Die Lichtstärke der Lampen kann außerdem

Fig. 80.



noch durch ein Photometer in der Centralstation stets controlirt werden.

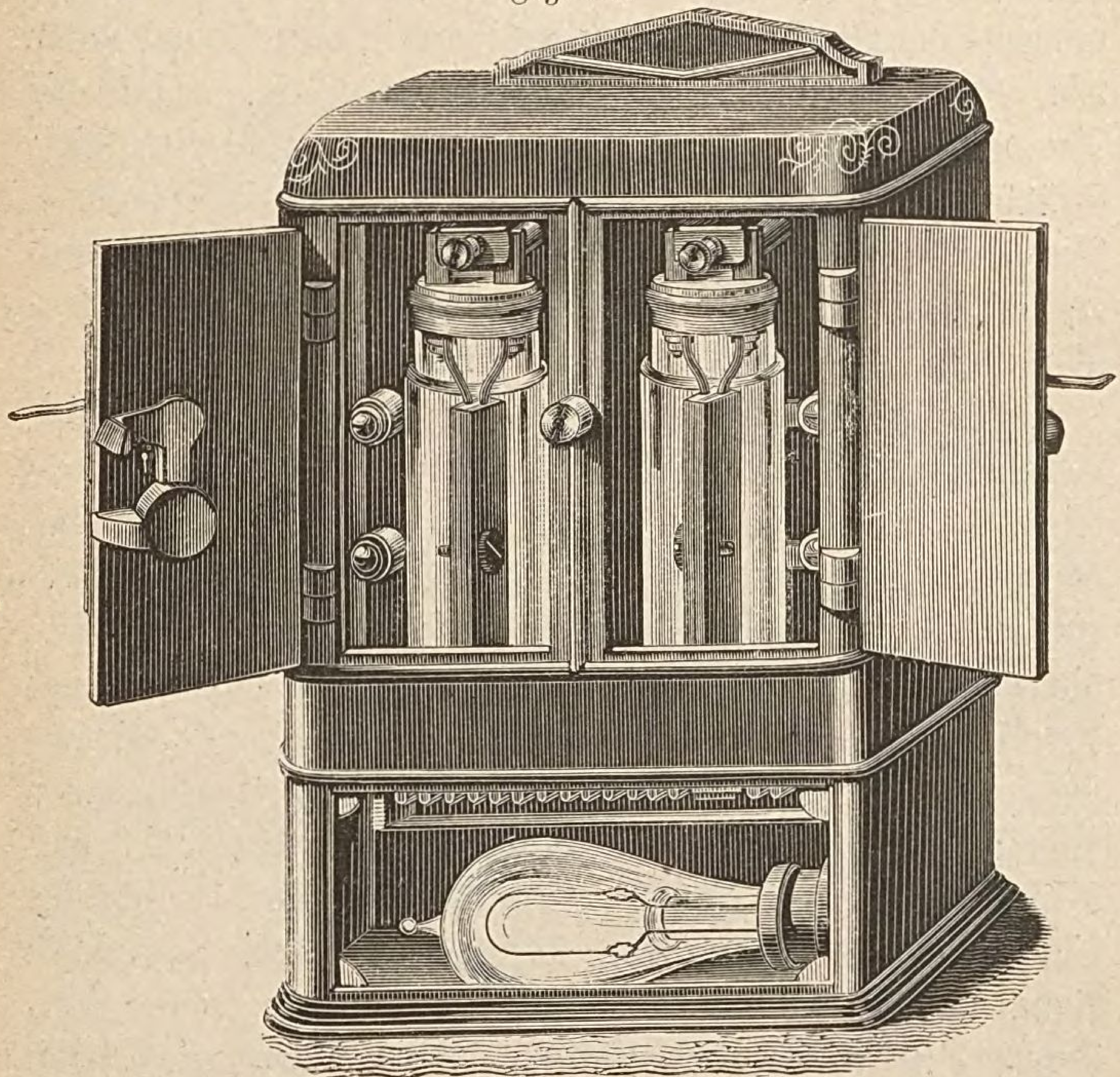
Die Leitungen für den Hauptstrom bestehen aus Kupferstangen von kreissegmentartigem Querschnitte, haben eine Breite von beiläufig 2 Centimeter bei einer Dicke von 0·5 Centimeter und sind in Gasleitungsröhren von diesen und untereinander isolirt eingeschlossen. Sie werden in den Gewölben der Canäle oder ca. 60 Centimeter tief unter dem Pflaster durch die Straßen geführt. Bemerkenswerth ist die Art, in welcher von dieser Hauptleitung Nebenleitungen für einzelne Locale abgezweigt werden. Die Abzweigung ist in Figur 80 dargestellt. Man führt die

Hauptleitung in eine mit isolirendem Materiale umgebene, hermetisch verschließbare Eisenkapsel, schneidet dort die Leitungen entzwei und führt je zwei Enden einer Leitung, die man hier von der isolirenden Substanz befreit hat, zu einer Klemme. Von der einen Klemme, der oberen in der Figur, läßt man den einen Leitungsdraht für die Zweigleitung ausgehen; die untere Klemme wird durch einen Bleidraht mit einer dritten Klemme verbunden, von welcher der zweite Leitungsdraht der Zweigleitung ausgeht. Der Bleidraht ist eine Sicherheitsvorrichtung, um zu vermeiden, daß ein zu kräftiger Strom in die Zweigleitungen gelangt; sobald nämlich der Strom zu stark wird, erhitzt sich der Bleidraht so intensiv, daß er abschmilzt und so die Leitung unterbricht. In der Figur ist übrigens eine doppelte Zweigleitung gezeichnet.

Die Lampen sammt Zubehör wurden bereits besprochen und es erübrigt nur noch anzugeben, in welcher Art die von den Parteien consumirte Elektricität gemessen wird. Auch für solche Apparate hat Edison gesorgt. Er benützt hierzu zweierlei auf demselben Principe beruhende Apparate. Bekanntlich zersetzt der elektrische Strom, wenn er durch Salzlösungen geht, diese in ihre Bestandtheile; so wird z. B. Kupfervitriol in Kupfer und Schwefelsäure zersetzt. Das Kupfer setzt sich an der negativen Elektrode ab, die Schwefelsäure wird an der positiven Elektrode in Freiheit gesetzt. Dabei erfolgen diese Abscheidungen unter sonst gleichen Umständen proportional der durchgeleiteten Elektricitätsmenge. Das Gewicht des abgeschiedenen Kupfers gibt also ein Maß der letzteren. Ein zu diesem Zwecke construirter Apparat heißt Voltameter. Edison schaltet nun in die Stromleitung jedes Consumenten zwei solcher Voltameter ein, von welchen eines dem Consumenten, das andere

aber nur dem Controlor zugänglich ist. Um bei jenen Consumenten, welche größere Mengen Elektricität verbrauchen, nicht zu häufig Wägungen vornehmen und die Kupfervitriollösung erneuern zu müssen, wird bei diesen in den Strom-

Fig. 81.



kreis des Voltameters ein größerer Widerstand eingeschaltet; es gelangt daher nur ein schwacher Theilstrom in die Kupfervitriollösung. Die consumirte Elektricität muß dann aus dem abgeschiedenen Kupfer mit Berücksichtigung des eingeschalteten Widerstandes berechnet werden.

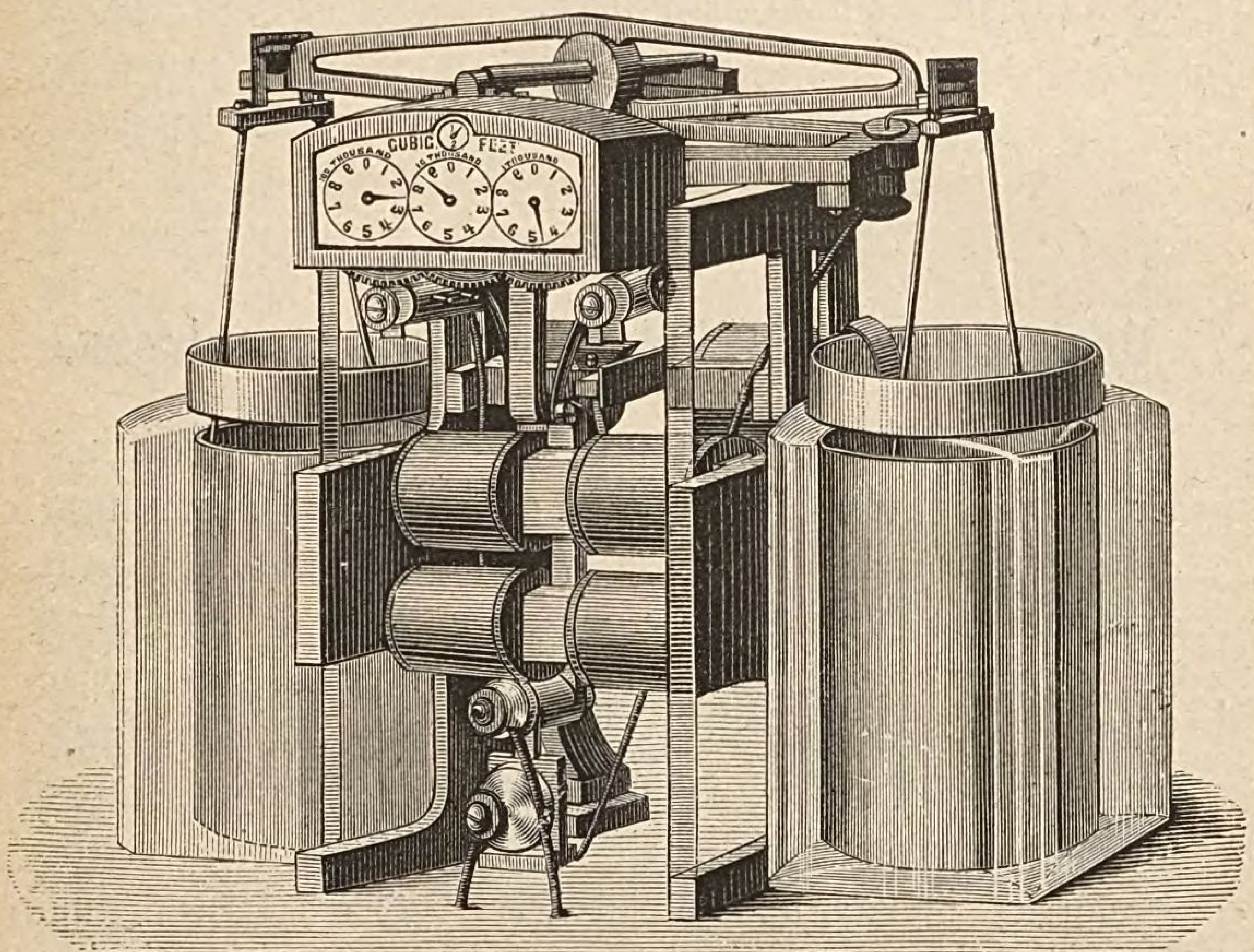
In Figur 81 ist ein derartiger Meßapparat abgebildet; rechts ist das Voltameter, durch welches sich der Consument jederzeit von der verbrauchten Elektricitätsmenge überzeugen kann, links das nur dem Controlor zugängliche. Um zu vermeiden, daß durch ein zu starkes Sinken der Temperatur die Lösungen zu sehr erkalten und dadurch die Kupferabscheidung alterirt wird, hat Edison in dem Raume unter den Voltametern eine Glühlampe angebracht. Sinkt die Temperatur bis nahe an den Nullpunkt, so wird diese Glühlampe durch ein in den Stromkreis eingeschaltetes Metall-Thermometer selbstthätig in Function gesetzt, und erzeugt dann soviel Wärme als nöthig ist, um die Kupferabscheidung in normalem Gange zu erhalten.

Der zweite Controlapparat (Fig. 82) erfordert keine Wägung, sondern registrirt automatisch die consumirte Elektricitätsmenge. An den beiden Enden eines Wagebalkens hängen spiralig gerollte Kupferbleche derart, daß sie Elektroden bilden. Sie tauchen beide in Gläser mit Kupfervitriollösung, die von einem zweiten Paare Elektroden quer durchsetzt sind. Die ganze Vorrichtung wird in den Stromkreis so eingesetzt, daß ein Kupferblech die negative Elektrode bildet; der Strom scheidet nun an diesem Kupfer ab und bringt, sobald ein gewisses Gewicht desselben erreicht ist, die Wage derart aus der Gleichgewichtslage, daß jener Arm, welcher die eben erwähnte Kupferplatte trägt, sinkt. Durch eine einfache Vorrichtung wird nun bewirkt, daß der Strom in der entgegengesetzten Richtung geht, also die Kupferabscheidung an der zweiten Blechspirale erfolgt, die Säureabscheidung an der zuerst erwähnten Spirale; es wird jetzt die erste Blechspirale durch Auflösen des Kupfers von der abgeschiedenen Säure leichter, die zweite Spirale durch die Kupferabscheidung schwerer und die Wage neigt

sich, sobald diese Differenz genügend groß geworden ist, nach der entgegengesetzten Seite.

Es tritt also eine oscillirende Bewegung des Wagebalkens ein, deren Geschwindigkeit von der durchgegangenen Elektricitätsmenge abhängig ist. Die Uebertragung dieser

Fig. 82.



Bewegung auf ein Zählwerk, wie es zu vielen Zwecken, z. B. bei unseren Gasuhren verwendet wird, registrirt so genau die consumirte Elektricitätsmenge.

Aus dem bisher Gesagten dürfte wohl klar hervorgehen, daß Edison's Beleuchtungssystem bis in die kleinsten Details für die praktische Anwendung ausgedacht ist und seiner thatsächlichen Einführung an Stelle der Gasbeleuch-

tung keine Hindernisse im Wege stehen. Bei Behandlung der Kosten der elektrischen Beleuchtung wird überdies noch gezeigt werden, daß auch in Bezug auf diese die elektrische Beleuchtung der Gasbeleuchtung durchaus nicht nachsteht.

Es möge nur noch bemerkt werden, daß in New-York das Edison'sche System in großem Maßstabe durchgeführt ist. Die Zahl der Consumenten beträgt jetzt schon 1100, die an 1300 Lampen verwenden.

VI.

Praktisch ausgeführte Beleuchtungsanlagen.

Die Zahl der seit längerer oder kürzerer Zeit mit Erfolg im Betriebe befindlichen elektrischen Beleuchtungsanlagen ist bereits eine so bedeutende geworden, daß eine auch noch so kurze Angabe derselben ein stattliches Buch füllen müßte. Nicht nur auf Leuchtthürmen und großen Plätzen, in großen Waarenhäusern und Fabriksräumen, sondern auch in unseren Wohnungen, ja selbst in den Salons und Cajüten der Schiffe tritt das elektrische Licht bereits erfolgreich in Concurrenz mit jeder anderen Beleuchtung. Es kann nicht Zweck dieses Buches sein, alle diese Einrichtungen aufzuzählen oder gar zu beschreiben; einige wenige Beispiele der verschiedenen bewährten Systeme mögen daher vollkommen genügen.

Gramme-Serrin.

Ueber Gramme'sche Lampen liegen noch keine Berichte vor, weil, wie schon erwähnt, die Lampe noch zu neu ist.

In der **Gießerei** von Ducommun in Mühlhausen sind seit fünf Jahren vier Gramme'sche Maschinen in Verwendung, die je eine Serrin'sche Lampe speisen. Die beleuchtete Halle ist 56 Meter lang und 28 Meter breit; die Lampen sind 5·5 Meter über dem Erdboden aufgehängt und stehen der Länge nach 14 Meter von einander ab. Die Kosten der ganzen Installation betrugen 10.000 Frcs. Dieser Betrag hätte gereicht, um 250 Gasflammen einzurichten; die elektrische Beleuchtung hat aber eine Gesammtintensität von 400 Gasflammen.

Als Motor zum Betriebe der Lichtmaschinen ist der in der Gießerei zu anderen Arbeiten bereits vorhandene Motor, eine Dampfmaschine nach dem System Sulzer, benützt.

Werkstätten von Sautter, Lemonnier & Cie. in Paris. Hier sind zwei Hallen von 30 Meter Länge und 25 Meter Breite von einander durch eine 10 Meter breite Galerie getrennt, welche in einer Höhe von 5 Meter angebracht ist. Ebenso breite Galerien befinden sich auch an den Seiten der Hallen. Zur Beleuchtung sämmtlicher Räume dienen drei Gramme'sche Maschinen mit je 150 Carcelbrenner Lichtstärke. Die Bildung starker Schlagschatten wurde trotz der vielen Säulen, Riemen, Maschinen &c. nicht beobachtet.

Jede Lichtmaschine erfordert einen Kraftaufwand von zwei Pferdekräften und der Preis der Kohle pro Stunde und Lampe stellt sich auf 0.17 Francs. Die Lampen sind von Jaspar.

Am Wiener **Eislaufplatz** beträgt die zu beleuchtende Fläche 5700 Quadrat-Meter; zwei Serrin'sche Lampen werden von je einer Gramme'schen Maschine gespeist, die durch ein 6pferdiges Locomobil betrieben werden. (Dieses

hat außerdem noch eine Centrifugalpumpe zu bewegen.) Die Lampen sind auf 7.5 Meter hohen und 57 Meter von einander entfernten Thürmen angebracht und mit elliptisch gekrümmten Schirmen versehen, die das Licht auf die Eisfläche werfen.

In der **Spinnerei** der Witwe Dieu-Obry in Daours ist der Arbeitsraum 43 Meter lang, 11 Meter breit und 3.7 Meter hoch. Es stehen hier neun Doublirmaschinen mit je 30 Spindeln und 17 Streckmaschinen à 52 Spindeln. Zur Beleuchtung dienen zwei Lampen, die in einer Höhe von 2 Meter aufgehängt sind und mittelst Schirme ihr Licht gegen den Plafond werfen, von wo aus es nach allen Richtungen reflectirt wird. Es mag hierbei bemerkt werden, daß bei niedrigen Localen immer die indirecte Beleuchtung vorzuziehen ist, wenn ein weißer, ebener Plafond zur Verfügung steht.

Ferner sind elektrische Beleuchtungen mit Gramme'schen Maschinen im Betriebe: In der Weberei von Steinbrecher in Mähr.-Trübau seit vier Jahren, in der Dampfsäge von Goetz in Czernowitz, im Eisenwerk Wilkowitz-Hütte, bei der k. u. k. österr. Marine für sämmtliche Panzerschiffe und die Küstenvertheidigung 2c. 2c.

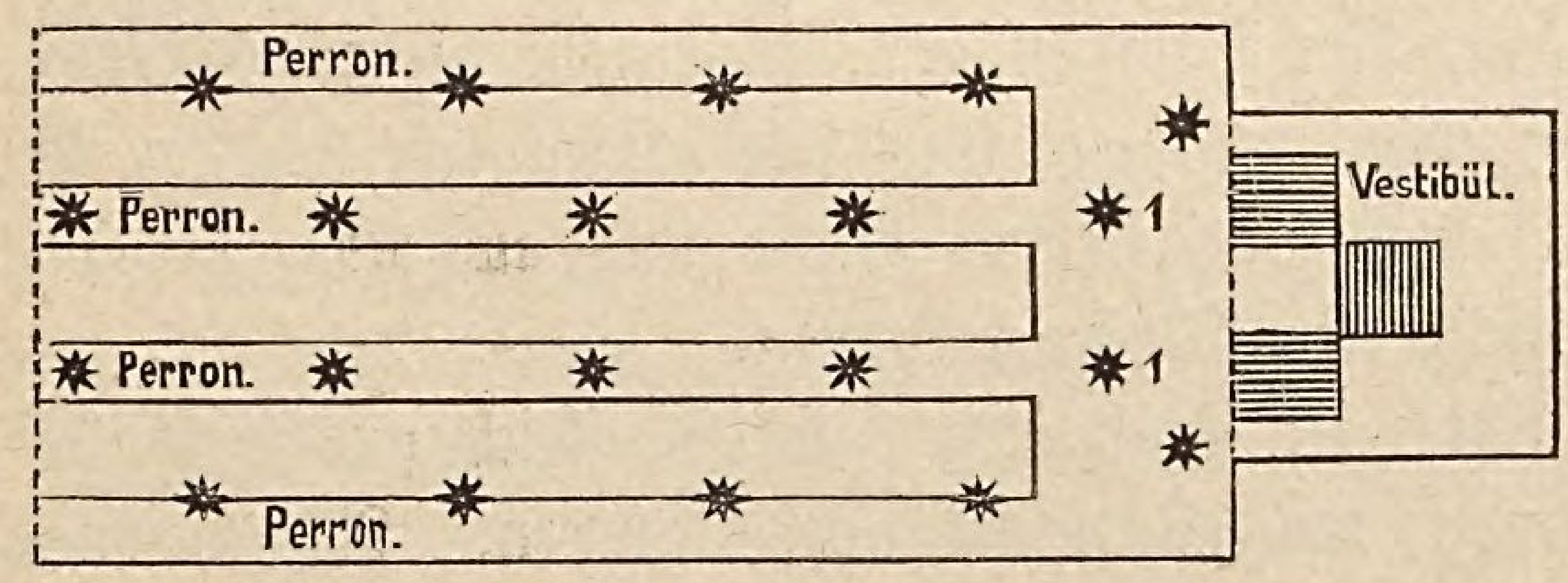
Siemens & Halske.

Nach einem Verzeichnisse der Firma Siemens u. Halske in Berlin über die von ihr gelieferten Apparate zu elektrischen Beleuchtungsanlagen, welches mit Juni 1881 abgeschlossen wurde, hat diese Firma die genannten Apparate für 1727 Lichter an 190 Parteien nach 115 Orten in Europa, Amerika und Australien geliefert. Auch hier wird es genügen, einige Beispiele anzuführen.

Königl. Ostbahnhof in Berlin. Die Halle ist 188 Meter lang, 37.7 Meter breit, der Mittelperron circa 17 Meter hoch und mit je sieben Lampen längs der äußeren Perrons, also mit zusammen vierzehn Lampen, in zwei Stromkreisen eingeschaltet, beleuchtet. Als Motor dient ein Borsig'sches Locomobil von zehn Pferdekräften, somit kommen auf eine Lampe 0.715 Pferdekräfte. Die Entfernung der Lampen untereinander beträgt 23 Meter, die Höhe über dem Niveau 7 Meter und die durch eine Lampe beleuchtete Bodenfläche 505 Quadratmeter. Siemens übernahm den Betrieb gegen eine Entschädigung von 7.5 Mark pro Stunde.

Neuer Anhaltischer Bahnhof in Berlin. Die Länge der Halle beträgt 150 Meter, die Breite 62.5 Meter und die Höhe 29 Meter. Jeder der vier Perrons (Fig. 83) erhielt vier Lampen in je einem Stromkreise, der Kopfperron vier Lampen mit stärkerem Lichte wieder in einem Stromkreise. Die Lampen der Perrons sind 30 Meter von einander entfernt, 6,5 Meter hoch aufgehängt und alternirend gestellt.

Fig. 83.

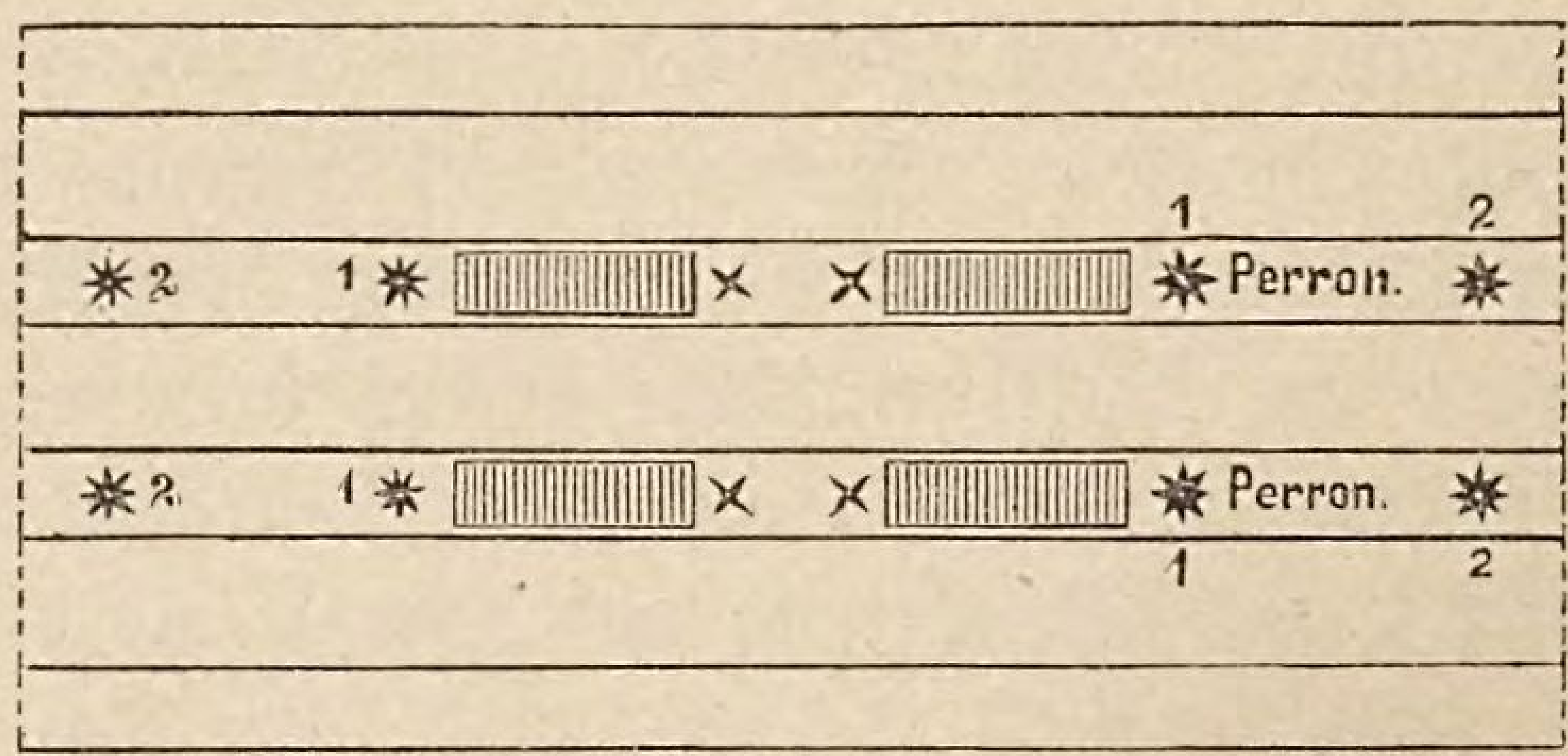


Als Motoren dienen zwei Dampfmaschinen à zwanzig Pferdekräfte, von denen einer die hydraulischen Aufzüge in Gang zu setzen hat. Sie treiben drei elektro-magnetische Maschinen mit je zwei Stromkreisen, von welchen jedoch nur fünf benützt werden. Ein Generalumschalter erlaubt

jeden beliebigen Stromkreis für die eine oder die andere Lampenreihe in Gebrauch zu nehmen. Per Lampe entfallen 390 Quadr.-Meter Bodenfläche zur Beleuchtung. Die mit 1 1 bezeichneten Lampen am Kopfperron werfen ihr Licht durch die Glaswand auf die Treppe und das ebenerdige Vestibul. Die Kosten der Installation betrugen ohne Dampfmaschine 27·093 Mark.

Bahnhof in Hannover. Die Halle befindet sich im Hochstock; vier Treppen × (Fig. 84) führen aus den Wartesälen auf die Mittelperrons, vier Lampen 1... liegen

Fig. 84.



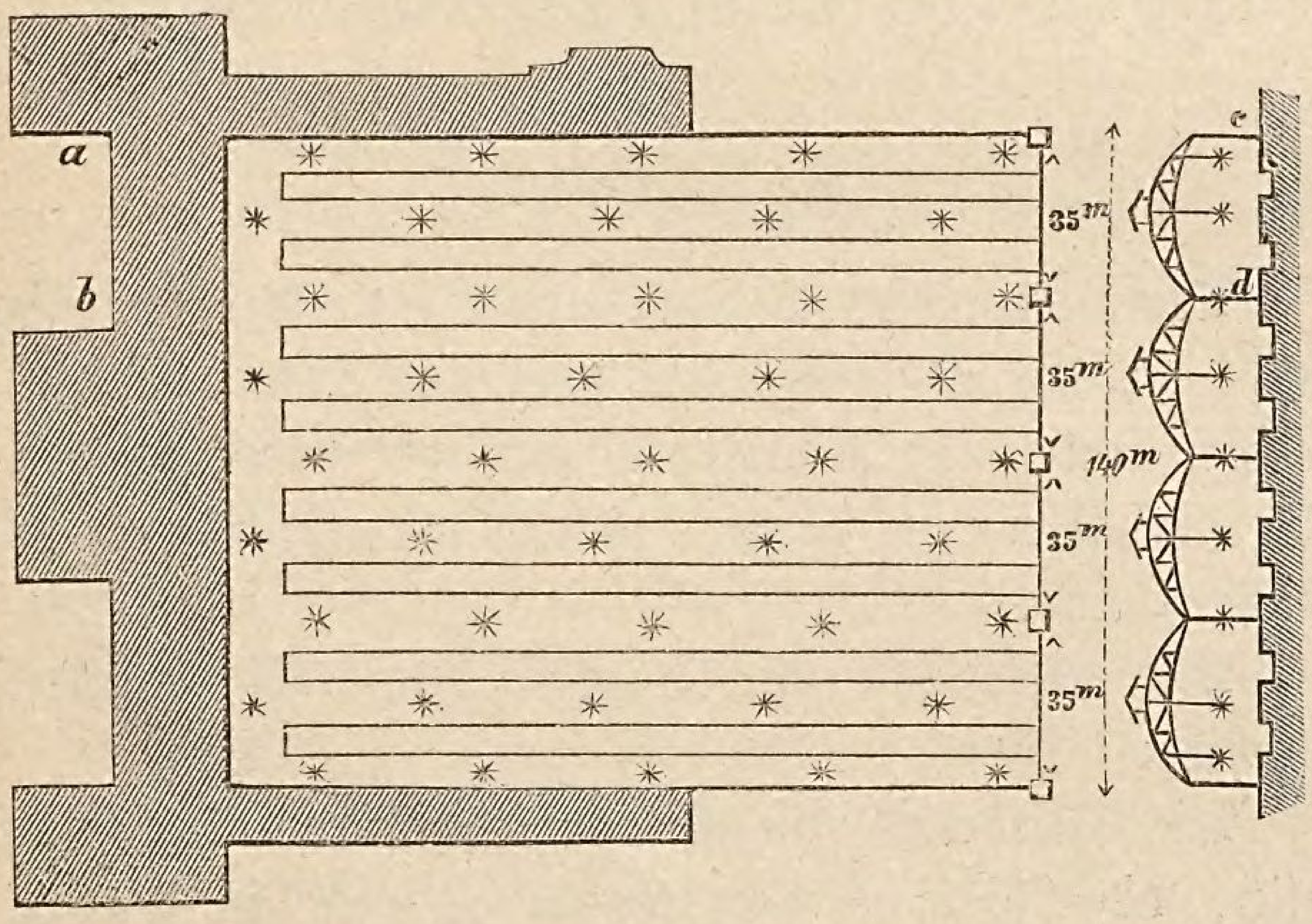
in einem, vier Lampen 2... in einem anderen Stromkreise. Gewöhnlich brennen nur die Lampen 1.... Nebenbei brennt noch Gas in der Halle und auf den Treppen, das aber nicht zur Geltung kommt.

Jetzt ist noch eine zweite gleich große Halle dazugekommen mit ebenfalls acht Lampen. Die Leitungen in beiden Hallen werden derart angelegt, daß jeder Perron einen besonderen Stromkreis von je vier Lampen besitzt.

Bahnhof in München. Der im Bau begriffene Centralbahnhof wird den in der Figur 85 gezeichneten Grundriß bekommen und in der daselbst angedeuteten Weise beleuchtet werden. Die Gesammtbeleuchtung aller vier ge-

kuppelten Hallen wird 45 Lampen erfordern, je fünf in einem Stromkreise. Zunächst wurde die Halle a b c d vollendet. Zehn Lampen in zwei Stromkreisen dienten zu ihrer Beleuchtung. Hierbei stellte sich aber der Uebelstand heraus, daß, wenn zwei Züge gleichzeitig auf den von den Lampen entfernteren Geleisen standen, am Mittelperron ein Kernschatten sich bildete. Man mußte daher die Lampen

Fig. 85.



anders aufhängen. Ueberhaupt müssen, wo Mittelperrons sind, die Lampen immer über diese alternirend gehängt werden. Es sind bereits gegenwärtig die Betriebsmaschinen für die ganze Anlage aufgestellt worden, nämlich vier Gasmotoren (von Otto) zu acht Pferdekräften. Die Kosten werden sich erst dann richtig angeben lassen, wenn die ganze Anlage in Betrieb gesetzt ist.

Andere Anlagen sind von Siemens & Halske ausgeführt worden bei der „Neuen Freien Presse“ in Wien mit acht Differential-Lampen à 350 Normalkerzen, am Südbahnhof in Wien mit 16 Lampen à 350 Normalkerzen,

und vier Lampen à 1200 Normalkerzen, in der königlichen Louisen-Grube (bei Zabrze, Ob.-Schlesien) mit zehn Lampen à 350 Normalkerzen, auf der Bühne des Stadttheaters zu Barmen mit einer Lampe à 900 Normalkerzen, im königlichen Opernhaus zu Berlin für die Bühne mit zwei Lichtern à 1500 Normalkerzen, in der Berndorfer Metallwaaren-Fabrik bei Fahrafeld (Niederösterreich) für die Schleiferei mit elf Lichtern à 350 Normalkerzen und in Berndorf mit sieben Lichtern à 350 Normalkerzen u. s. w.

R. J. Gülcher.

Trotzdem dieses System ein erst in jüngster Zeit erdachtes ist, hat es doch schon praktische Installationen aufzuweisen und es ist nicht daran zu zweifeln, daß die Zahl derselben in kurzer Zeit eine ansehnliche Größe erreichen wird.

Mit Gülcher'schen Lampen und Maschinen wird beleuchtet:

Die Färberei von Eduard Zipser & Sohn in Bielitz, die Färberei von Wolf & Keil in Bielitz, die Färberei von Sternickel & Gülcher in Biala, der Montirsaal und Hof seines eigenen Etablissements in Biala.

Crompton.

Die Lampe von Crompton ist neben den Lampen von Siemens und Serrin in England und Schottland ziemlich verbreitet. Beispiele praktischer Installationen sind: Die Fischerei-Ausstellung in Norwich mit neun Lampen à 6000 Normalkerzen mit gutem Erfolge, auf der Kings Croß Station ebenfalls erfolgreich, dann im Hafen

von Belfort, im Alexandra-Palast mit sechs Lampen an Stelle von 2000 Gasflammen, der Dampfboot-Quai zu Greenock mit vier Lampen u. s. w.

Crompton veranschlagt die Kosten eines Lichtes von 6000 Normalkerzen Leuchtkraft, erzeugt durch eine 3pferdige Dampfmaschine und eine Gramme'sche Maschine mit 60 Yard Kabel, einer Lampe 2c., auf 5200 Mark.

Jaspar.

Der Nordbahnhof zu Brüssel hat sechs Lampen von Jaspar in Gebrauch; drei Lampen beleuchten den Platz und drei sind im Central-Telegraphen-Bureau, welches in den Räumen des Bahnhofes untergebracht ist, in Gebrauch. Sie werden von sechs Gramme'schen Maschinen gespeist, zu deren Betrieb Otto'sche Gasmaschinen in Verwendung stehen.

Der rechtwinkelige Hauptsaal des Telegraphen-Bureaus ist 18 Meter lang, 12 Meter breit und ziemlich niedrig. Zwei Jaspar'sche Lampen erzeugen in diesem Saale ein sanftes, ruhiges und gleichförmiges Licht. Die Beleuchtung erfolgt nicht direct, sondern das Licht wird durch passend angebrachte Reflectoren auf den weißen Plafond geworfen. Die Voltabögen kann man von keinem Punkte des Saales aus direct sehen.

Unter diesen Umständen reflectirt der hellbeleuchtete Plafond das Licht sehr gleichmäßig, so daß gar kein Schatten erzeugt wird. Da ein Theil des Lichtes auch auf die Wände fällt, so tragen auch diese dazu bei, die Zerstreuung und Vertheilung des Lichtes zu vermehren.

Die dritte Lampe ist in einem kleinen Saale angebracht und mit sechs im Kreise herum gestellten Linsen versehen. Die durch letztere erhaltenen parallelen Strahlen-

bündel fallen auf Spiegel und diese werfen das Licht auf jene Punkte, die man vorzugsweise beleuchten will. Eines dieser Strahlenbündel wird sogar zweimal reflectirt und in ein abgesondertes Bureau geleitet, welches es vollkommen beleuchtet. Die Theilung des Lichtes ist also hier durch Spiegel bewirkt. Die Lampen ersetzen fünfzig und etliche Gasbrenner, welche früher den Aufenthalt in diesen niederen Räumen für die in großer Anzahl daselbst beschäftigten Telegraphisten äußerst unangenehm machten.

Jede Lampe ist auf einer 2.25 Meter hohen Säule angebracht und von einem Hute in Form eines zugespitzten Cylinders umgeben, welcher mit Unterstützung eines horizontal befestigten Spiegels die Lichtstrahlen auf den Plafond wirft. Cael schätzt die Lichtstärke auf 1670 Normalkerzen und die per Lampe beleuchtete Fläche auf 70 Quadr.-Meter. Der Preis für drei Lampen per Stunde beträgt 3.82 Frcs.

Piette und Křižik.

Mit diesen Lampen und Schuckert'schen Maschinen wurden folgende Installationen gemacht:

Im bayerischen Gewerbemuseum zu Nürnberg mit fünf Lampen, im bürgerlichen Brauhaus zu Pilsen mit dreizehn Lampen, in der Patronen-Fabrik Preßburg-Wien mit sechs Lampen, im Ringtheater in Wien mit vier Lampen, im Gewerbeverein in Wien mit zwei Lampen, bei der Berg-, Gruben- und Hüttenverein-Actiengesellschaft in Hochdal mit vier Lampen, in der Baumwollspinnerei von Th. Pilz in Graslitz (Böhmen) mit fünf Lampen u. A. m.

Brush.

Einem Berichte der Conant Garon Fabrik in Pawtuket (Rhode Island) zufolge, brennen dort 38 Brush-

Lampen an Stelle der früheren 500 Gasflammen. Die Anlagekosten betrugen 2000 Dollars und 65 Dollars für jede Lampe. Die Kohlen kosten 1¼ Cents per Lampe und Stunde, die Wartung der Lampe 3 Dollars per Woche.

Die Besitzer behaupten, daß die Gesammtbeleuchtung 16 Dollars 16 Cents per Stunde koste, während die frühere Gasbeleuchtung 5 Dollars per Stunde ausmachte.

Wollwaaren-Fabrik in Providence (Rhode Island). 1000 Gasflammen wurden dort per Stunde mit 12 Dollars 25 Cents bezahlt; an deren Stelle setzte man 80 elektrische Lampen, die per Stunde 80 Cents kosten. Die Lichtintensität betrug früher 15.000 und jetzt beträgt sie 160.000 Normalkerzen.

Bei der Straßenbeleuchtung in London und New-York treten häufig Verfinsterungen ein; die Beleuchtung des House of Commons hat allgemein mißfallen und die Brush-Lampen wurden sofort weggeräumt. Im Central-Postbureau in London konnten die Lampen auch nicht behalten werden, da das Licht zu unruhig und unsicher war.

Probebeleuchtung der Oper in Paris (1881). Hierbei beleuchtete die Brush-Company die Vorhalle mit sechs Lampen und das Treppenhaus mit zweiunddreißig Lampen. Die Brush-Maschine, welche zur Speisung der Lampen verwendet wurde, stand im Palais de l'industrie.

Uppenborn schreibt darüber in der Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre: »Außer der Ungefälligkeit der äußeren Form, war auch das unruhige Brennen der Brush-Lampen zu tadeln. Abgesehen von den geringen, aber immerhin störenden, kleinen Zuckungen, welche eine Eigenthümlichkeit der Brush-Lampen bilden, fanden große Aenderungen der Lichtstärken statt. Einige Lampen waren

fast ganz dunkel, andere brannten besser. Ein Bediensteter war stets im Gange, um die hier und da verlöschenden Lampen zu erneuter Thätigkeit anzuregen.«

Jablochkoff.

Die Liste, in welcher die von der Société générale d'électricité praktisch ausgeführten Installationen bis zur Zeit der Pariser Ausstellung (Herbst 1881) angegeben werden, weist ca. 3500 Lampen aus, vertheilt in Frankreich, England, Belgien, Brasilien, Indien, auf Canada und Cuba, in Mexiko, Persien, der argentinischen Republik, Rußland, Schweden u. s. w.

Die Installationen im Hafen von le Havre und in der Avenue de l'opera in Paris wurden schon besprochen. (S. 170.)

Eine wirklich imposante Beleuchtungs-Anlage möge noch erwähnt werden, nämlich:

Das Hippodrom in Paris. Diese kolossale Halle hat für 8000 Personen Sitzplätze, ist 105 Meter lang, 70 Meter breit und 25 Meter hoch; die beleuchtete Fläche beträgt 6300 Quadrat-Meter. Die ganze Dach-Construction ruht auf vier gußeisernen Säulen, die nach einer Richtung 36 Meter, nach der darauf senkrechten Richtung 17 Meter von einander entfernt sind.

Sechzig Jablochkoff-Kerzen beleuchten theils den Zuschauerraum, theils sind sie an den vier Säulen angebracht. (Zur Beleuchtung der Rennbahn dienen zwanzig Regulatoren mit Reflectoren). Zum Betriebe von je zwanzig Kerzen ist eine Gramme'sche Wechselstrom-Maschine und eine kleine Erreger-Maschine angewendet.

Der erforderliche Kraftaufwand für die ganze Anlage beträgt 160 Pferdekräfte, es sind aber zwei Maschinen mit

zusammen 200 Pferdekräften aufgestellt, um auch bei etwaigen Festbeleuchtungen hinreichend versorgt zu sein. Die gesammte Lichtstärke überschreitet 12.000 Carcelbrenner. Die Kosten der Installation belaufen sich in runder Summe auf 200.000 Francs, und die der täglichen Beleuchtung auf 250 Francs.

Incandescenz-Beleuchtung.

Die Beleuchtung mit Glühlampen scheint sich rasch, namentlich bei Privaten und auf Schiffen, aber auch in Theatern und anderen öffentlichen Localen ausbreiten zu wollen. Auch die Pariser Ausstellung dürfte durch die wirklich reizende Beleuchtung des Buffets im ersten Stockwerke, der Säle Edison's, des Sitzungssaales und anderer Locale im Palais de l'industrie wesentlich beigetragen haben, diese Beleuchtungsart populär zu machen. In Amerika und England erfreuen sich die Lampen von Edison, Maxim und Swan schon häufig praktischer Verwendung.

Die Geschäftsräume der Lancashire- und Yorkshire-Eisenbahn in Manchester wurden mit achtundzwanzig Swan-Lampen, in Zweigleitungen je zwei hintereinander geschaltet und von einer Gramme'schen Maschine gespeist, beleuchtet; mit eben diesen Lampen wurde eine der Hauptstraßen von Newcastle beleuchtet. Beide Proben fielen gut aus.

Der Inman Steamer »City of Richmond« war auf der ganzen Ueberfahrt nach New-York in seinem Hauptsalon mit sechzehn Swan'schen Lampen an Stelle von dreißig Gasflammen beleuchtet; mit eben diesen Lampen ist auch der Dampfer »Arabic« der White Star Company ausgerüstet.

Der neue Dampfer »City of Worcester« wird mit 270 Edison-Lampen versehen, das neue Theater des Herrn D'Ogley Caste soll durch Siemens Brothers & Cie. mit 600 Glühlampen beleuchtet werden.

Ein wohlgelungener Versuch einer Theaterbeleuchtung durch Glühlampen mit unvollkommenem Contact wurde durch Werdermann im Athenäum in Paris ausgeführt; die Lichtstärken konnten dabei durch Einführen von Widerständen oder durch Verminderung der Tourenzahl der Gramme'schen Maschine bewirkt werden.

Die Beleuchtung einer Bleicherei durch Lampen von Reynier ist bei den Kosten der elektrischen Beleuchtung aufgeführt.

Die nachfolgenden Angaben über die Beleuchtung des Savoy-Theaters in London mit Swan'schen Glühlampen sind Uppenborn's »Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre« entnommen.

Der Zuschauerraum ist durch Wandleuchter mit je drei von mattirten länglichen Glaskugeln umgebenen Swan-Lampen erleuchtet. Im Parterre sind sechs Wandleuchter, im ersten Range sechzehn und ebensoviel auf den Galerien. Die Corridore und andere Räumlichkeiten sind ebenfalls mit Swan-Lampen beleuchtet. Auf der Bühne befinden sich folgende Lampen: Eine Fußrampe von 100 Lampen, fünf Oberlichter von je 100 Lampen, ein Oberlicht von 50 Lampen, vier Coulissenrampen von je 14 Lampen und zwei Coulissenrampen von je 18 Lampen. Zum Betriebe der Lampen dienen sechs Wechselstrom-Maschinen von Siemens Brothers und vier Erreger. Zwei von den letzteren sind größer und erregen je zwei Wechselstrom-Maschinen, die beiden anderen sind klein und erregen je eine Wechselstrom-Maschine.

Anhang.

Leistungsfähigkeit einiger Maschinen.

Der elektrische Strom einer Maschine zum Betriebe einer Lampe verwendet, entwickelt eine Leuchtkraft, die selten weniger als 800 oder mehr als 20.000 Normalkerzen beträgt. Die letzteren großen Lichter werden für nautische und militärische Zwecke gebraucht. Die Maschinen für industrielle Zwecke erzeugen nachstehende Lichtintensitäten:

	Normalkerzen
Gramme (Mod. A)	4000
» (Mod. B)	8000
Siemens (Mod. D_2)	6000
» (Mod. D_6)	2000
Brush 40 Lichter à 2000 Normal-Kerzen *) .	80000
» 5—6 Lichter à 2000 Normalkerzen .	10000 bis 12000
Gülcher 6 Lichter à 1300 Normalkerzen	7800
Bürgin	4000
Edison gr. March. 1000 Lichter à 16 Normalk.	16000

In der Praxis wünscht man häufig zu wissen, eine wie große Bodenfläche die Lampe zu einem bestimmten Helligkeitsgrad erleuchten kann. Nachstehende Tabellen, die Crompton's Abhandlung »Die elektrische Beleuchtung für industrielle Zwecke« entnommen sind, enthalten solche Angaben. Es bedeutet hierbei Helligkeitsgrad 1 eine Lichtintensität,

---

*) Die Leuchtkraft der Brush-Lichter scheint bedeutend geringer zu sein.

bei welcher jede feine Arbeit ausgeführt werden kann (welche sonst eine zwei bis drei Fuß entfernte Gasflamme erfordert); bei dem 2. Helligkeitsgrade kann eine Zeitung überall bequem gelesen werden; bei dem 3. Helligkeitsgrade sind die entferntesten Punkte der zu beleuchtenden Fläche ebenso stark beleuchtet, wie bei intensivem Mondscheine.

Bei der Bestimmung der Helligkeitsgrade war die Beleuchtung der entferntesten Punkte der Bodenfläche maßgebend und kann jede Außenarbeit, wie Graben, Nivelliren, Verladen von Wagen ꝛc., bei jeder Beleuchtung leicht ausgeführt werden.

Installationen	Fabrikant der Maschinen	Lichtstärke pr. Flamme in Normalkerzen	Arbeit per Flamme in Pferdekräften	Höhe der Lampe über dem Boden in Metern	Helligkeitsgrad	Beleuchtete Bodenfläche in Metern
Stanton Iron Works Comp.						
Modellgebäude	Gramme	4000	$2^1/_2$	4·88	1	232
alte Gießerei	„	4000	$2^1/_4$	4·88	1	268
neue Gießerei	„	4000	$2^1/_2$	5·49	1	444
Montirwerkstatt	„	4000	$2^1/_2$	6·10	2	920
St. Enoch's Station, Glasgow	„	4000	$2^3/_4$	13·12	2	1670
Liverpool Street Station, London	Brush	2000	1	5·49	3	1170
Alexandra-Palast Lakes . .	Gramme	4000	4	12·20	3	6700
„ „ Groocs .	„	4000	4	12·20	3	7400
Walham Green Fêtes . .	„	4000	4	10·67	3	83600
Barden Works, small lights	„	4000	$3^1/_4$	22·87	3	26000
Blakpool Promenade and Pier	Siemens	6000	4	18·30	3	81000
Alexandra Palace Japanese Village	Gramme	4000	7	9·15	3	103800
Barden Works, large lights	„	8000	9	24·40	3	234000

Die nachstehende Tabelle gibt an, wie viel Quadrat-Meter Bodenfläche durch den Verbrauch von 1 Kilo Kohle per Stunde beleuchtet werden können.

Name der Maschine	Beleuchtete Bodenfläche			Kohlen-verbrauch per Stunde in Kgr.
	1. Helligkeitsgrad Quadrat-Meter	2. Helligkeitsgrad Quadrat-Meter.	3. Helligkeitsgrad Quadrat-Meter.	
Brush	13·40	41·85	116·9	0·5
A Gramme	27·50	139·0	711·5	0·5
B Gramme	15·07	83·7	3348	0·5
D_2 Siemens	16·74	83·7	3012	0·5

Kosten der elektrischen Beleuchtung.

Es könnte zunächst die Frage aufgeworfen werden, ob es rationeller sei, das Licht durch Batterien oder durch Maschinen zu erzeugen. Diese Frage beantwortet sich ebenso leicht als rasch, wenn man bedenkt, daß im ersteren Falle die Elektricität durch Verbrauch von Zink und im letzteren Falle durch Verbrauch von Kohle (im Motor) erzeugt wird.

Nun leistet aber, wie durch zahlreiche Untersuchungen festgestellt wurde, 1 Kilogramm Kohle beiläufig vierzehnmal so viel als 1 Kilogramm Zink; ferner ist das Zink circa fünfzehnmal so theuer als die Kohle. Es kommt daher die Erzeugung des elektrischen Stromes durch Batterien zweihundert und zehnmal theurer zu stehen, als durch Kohle; hierbei ist der Verbrauch an Säure noch gar nicht berücksichtigt.

Während es aber entschieden ungünstig ist, durch Batterien Elektricität zu erzeugen, um damit Arbeit zu leisten (sei es die Ersetzung einer Dampfmaschine oder die Anwendung zur Beleuchtung), so ist es hingegen vortheilhaft, die mechanische Arbeit zur Erzeugung der Elektricität zu verwenden. Im Nachstehenden ist daher stets vorausgesetzt, daß die elektrischen Ströme von einer der früher behandelten Maschinen geliefert werden.

Bei Berechnung der Kosten hat man die Kosten der Anlage und die des Betriebes zu berücksichtigen. Bei ersteren sind die Verzinsung und die Amortisation des Anlagecapitals einzubeziehen. Daten dieser Art wurden unter Anderem auch von Oechselhäuser gegeben, die aber, da letzterer Gasfachmann ist, in einigen Posten für das elektrische Licht ungünstiger angenommen sind, als dies den Thatsachen entspricht.

A. Kosten für die gesammte Verzinsung und Amortisation der Anlage.

1. Serrin'sche Lampe (2 Pferdekräfte) kostet per Lampe und Brennstunde:

bei 500 Brennstunden jährl. 89—117 Pfennige,
» 1000 » » $44\frac{1}{2}$—$58\frac{1}{2}$ »

2. Jablochkoff-Kerze (1 Pferdekraft):

bei 500 Brennstunden jährl. 30—44 »
» 1000 » » 15—22 »

3. Siemen's Differentiallampe (1 Pferdekraft):

bei 500 Brennstunden jährl. 35—49 Pfennige,
» 1000 » » $17\frac{1}{2}$—$24\frac{1}{2}$ »

B. Betriebs- und Unterhaltungskosten des Motors.

Bei Anwendung einer Dampfmaschine ist der Kohlenverbrauch je nach der Anlage $2\frac{1}{2}$—4 Kgr. Kohle per Pferdekraft und Stunde zu rechnen. Nimmt man den

Preis der Kohle per 50 Kilo zu 80 Pfennigen an, so kostet die Pferdekraft per Stunde 4—6·4 Pfennige.

Bedienung, Schmier-, Putzmaterial, Instandhaltung des Kessels mit 4 Pfennigen veranschlagt, gibt für die Erzeugung der motorischen Kraft an Betriebs- und Unterhaltungskosten 8—10½ Pfg. pro Pferdekraft und Stunde.

Bei Anwendung eines Otto'schen Gasmotors stellt sich bei jährlichen 500 Brennstunden die Erzeugung einer Pferdekraft pro Stunde auf 27—29 Pfennige und bei 1000 jährlichen Brennstunden auf 22—24 Pfennige.

C. Betriebs- und Unterhaltungskosten der Lichtmaschinen, Leitungen und Lampen.

Nach Oechselhäuser betragen diese unter günstigen Verhältnissen:

bei 500	jährl. Brennstunden	20	Pfennige	per	Pferdekraft,
» 1000	» »	11	»	»	»

D. Kosten der Kohlenstifte.

Es verbrennen per Stunde an Kohle:

1 Serrin'sche Lampe	etwa für	20	Pfennige,
1 Jablochkoff-Kerze	» »	30	»
1 Siemens-Differentiallampe		15	»

Die Zusammenstellung der hier ermittelten Kostenansätze ergibt per Lampe und Stunde:

Bei jährlich 1000 Brennstunden:

Mit Serrin'scher Lampe und bereits vorhandener größerer Maschinenanlage 96½—102½ Pfg.;

mit Serrin'scher Lampe und Otto's Gasmotor 138½ bis 142½ Pfg.;

mit Jablochkoff-Kerze und bereits vorhandener größerer Maschinenanlage 64—66½ Pfg.;

mit Jablochkoff-Kerze und Otto's Gasmotor 85—87 Pfg.;

mit Siemens' Differentiallampe und bereits vorhandener größerer Maschinenanlage $54\frac{1}{2}$—54 Pfg.;

mit Siemens' Differentiallampe und Otto's Gasmotor $69\frac{1}{2}$—$74\frac{1}{2}$ Pfg.*)

Bei 500 jährlichen Brennstunden:

Mit Serrin'scher Lampe und bereits vorhandener größerer Maschinenanlage 145—150 Pfg.;

mit Serrin'scher Lampe u. Otto's Gasmotor 211-215 Pf.;

mit Jablochkoff-Kerze und bereits vorhandener größerer Maschinenanlage 88—$90\frac{1}{2}$ Pfg.;

mit Jablochkoff-Kerze und Otto's Gasmotor 121 bis 123 Pfg.;

mit Siemens' Differentiallampe und bereits vorhandener größerer Maschinenanlage 78—$80\frac{1}{2}$ Pfg.;

mit Siemens' Differentiallampe und Otto's Gasmotor 105—113 Pfg.**)

Vergleichung der elektrischen mit der Gasbeleuchtung.

	Bodenfläche
Eine Lampe von Serrin beleuchtet: in der Spinnerei der Wwe. Dieu-Obry in Davours	236 □M.
» » » von Ricard's Söhnen in Maurera	350 »
» » Weberei und Flachsspinnerei der Gebrüder Buxeda in Sabadell	425 »
» » Spinnerei von F. C. Clauser	470 »
also im Mittel . . .	417 »
Eine 5 Kubik-Fuß (= 142 Ltr.) Gasflamme beleuchtet	12—15 »

Eine Serrin'sche Lampe ersetzt daher 30 solcher Gasflammen mit einem Gasverbrauche von 4·26 Kbm.

*) Oberingenieur Graff in München gibt die Kosten bei 1080 jährlichen Brennstunden zu 75·32 Pfennigen an.

**) Nach Graff betragen die Kosten nur 46·23—50 Pfennige.

per Stunde. Dies gilt bei Anwendung in geschlossenen Räumen.

Eine Jablochkoff-Kerze ersetzt nach Oechselhäuser unter eben solchen Verhältnissen höchstens 15 Gasflammen und eine Differentiallampe von Siemens 20 Gasflammen.*)

Bei 1000 jährlichen Brennstunden kostet:

1 Serrin'sche Lampe 96—138 Pfg. per Stunde und entsprechen 4·26 Kbm. Gas,

1 Jablochkoff-Kerze 64—85 Pfg. per Stunde und entsprechen 2·13 Kbm. Gas,

1 Siemens' Differentiallampe 51—69 Pfg. per Stunde und entsprechen 2·84 Kbm. Gas.

Bei 500 jährlichen Brennstunden kostet:

1 Serrin'sche Lampe 145—211 Pfg. per Stunde und entsprechen 4·26 Kbm. Gas,

1 Jablochkoff-Kerze 88—121 Pfg. per Stunde und entsprechen 2·13 Kbm. Gas,

1 Siemens' Differentiallampe 78—105 Pfg. per Stunde und entsprechen 2·84 Kbm. Gas.

Als Preis für das Leuchtgas sind 30 Mark per Flamme angenommen; hiervon sind 5% Zinsen und 2½% Amortisation gerechnet, gibt pro Jahr 2·75 Mark per Lampe, also bei 1000 Brennstunden 0·275 Pfennige und bei 500 Brennstunden 0·55 Pfennige per Brennstunde. Die Unkosten für Bedienung, Auswechseln von Brennern, Anzünden und Auslöschen betragen bei 1000 Brennstunden etwa 0·3 Pfennige und bei 500 Brennstunden 0·6 Pfennige per Gasflamme und Brennstunde.

*) Nach Messungen, welche im Münchener Centralbahnhof gemacht wurden, hat die Differentiallampe eine Lichtstärke von 36 Gasflammen.

Nachstehende Tabelle enthält die hier ermittelten Kosten für elektrische und gleichwerthige Gasbeleuchtung zusammengestellt.

	Die gleiche Beleuchtung kostet pr. Brennstunde						
	m. elektrischem Lichte		mit Gasbeleuchtung				
	bei vorhandener Dampfmaschinenanlage	mit Otto'schem Gasmotor	bei einem Gaspreise per 1 Kbm. von 16 Pf.	18 Pf.	20 Pf.	22 Pf.	24 Pf.
	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.
Bei 1000 jährlichen Brennstunden:							
Die Helligkeit einer Serrin'schen Lampe = 30 Gasflammen .	96—102	138—142	77	86	94	102	111
Die Helligkeit einer Jablochkoff-Kerze = 15 Gasflammen .	64—66	85—87	39	43	47	51	56
Die Helligkeit einer Siemens' Differentiallampe = 20 Gasflammen .	51—54	69—74	51	57	63	68	74
Bei 500 jährlichen Brennstunden:							
Die Helligkeit einer Serrin'schen Lampe = 30 Gasflammen .	145—150	211—215	86	95	103	112	120
Die Helligkeit einer Jablochkoff-Kerze = 15 Gasflammen .	88—90	121—123	43	47	52	56	60
Die Helligkeit einer Siemens' Differentiallampe = 20 Gasflammen .	78—80	105—113	57	63	69	74	80

Bedeutend günstiger stellen sich jedoch die Kosten der elektrischen Beleuchtung nach Fontaine's Angaben bei Anwendung Gramme'scher Maschinen.

Ein completer Apparat (mit Emballage, Transport und Installationskosten), bestehend aus Gramme'scher Maschine, Regulatorlampe und Leitungsdrähten kostet 2500 Frcs. Die Kohlenstäbe kosten 2 Frcs. per Meter und ihre Abnützung beträgt 0·08 Meter per Stunde.

Bei einer Betriebsdauer von 500 Stunden per Jahr und vier Apparaten im selben Etablissement sind die jährlichen Ausgaben bei Benützung einer Dampfmaschine:

4000 Kilo Kohle à Frcs. 35 per Tonne . .	Frcs.	140
160 Meter Kohlenstäbe à Frcs. 2 . . .	»	320
Unterhaltung der Apparate, Frcs. 0·50 pr. St.	»	250
10% Amortisation von Frcs. 10.000 . .	»	1110
	Total Frcs.	1810

Bei Benützung von Wasserkraft reducirt sich diese Summe auf 1670 Frcs.

Arbeitet man das ganze Jahr hindurch alle Nächte so ergeben sich bei einem 4000stündigen Betrieb und Benützung einer Wasserkraft 1090 Frcs. und bei Benützung einer Dampfmaschine 1370 Frcs.

Die Kosten der Lichteinheit per Stunde bei Benützung einer Lichtmaschine von Gramme (Modell 1877) betragen:

bei 500 St.	Betrieb	mittelst	Dampfmaschine	Frcs.	0·0042,
» 500	»	»	»	Wasserkraft	»	0·0040,
» 4000	»	»	»	Dampfmaschine	»	0·0016,
» 4000	»	»	»	Wasserkraft	»	0·0011.

Nach einer Tabelle Fontaine's ist bei gleicher Lichtstärke das mit Gramme'schen Maschinen dargestellte Licht im ungünstigsten Falle

75mal billiger als eine Beleuchtung mit Wachskerzen,
55 » » » » » » Stearinkerzen,
16 » » » » » » Oel,
11 » » » » » » Leuchtgas z. Preise von Frcs. 0·30,
6·5 » » » » » » Leuchtgas z. Preise von Frcs. 0·15.

Im günstigsten Falle ist aber das elektrische Licht
300mal billiger als eine Beleuchtung mit Wachskerzen,
220 » » » » » » Stearinkerzen,
63 » » » » » » Oel,
40 » » » » » » Leuchtgas à Frcs. 0·30,
20 » » » » » » Leuchtgas à Frcs. 0·15.

Nehmen wir beispielsweise den Fall an, man benützt eine Lichtmaschine von 100 Brennern, berücksichtigt die Kosten des Motors und rechnet eine Amortisationsquote von 15%.

Die Angaben sind von Heilmann über die seit drei Jahren in der Gießerei von Ducommun functionirenden vier Lichtmaschinen; die Amortisation ist hierbei wohl zu hoch genommen, daher die angegebene Zahl möglichst ungünstig.

Der Betrieb von vier Gramme'schen Maschinen mit vier Lampen kostet dort per Stunde Frcs. 1·54, die Installationskosten betrugen Frcs. 17.000. Die Gesammtkosten der Beleuchtung, Zinsen und Amortisation eingerechnet, betragen bei 500 jährlichen Brennstunden per Stunde Frcs. 6·64.

Eine Vergleichung mit der dieser Beleuchtung entsprechenden Gasbeleuchtung ergibt, daß die elektrische Be-

leuchtung 2·26mal billiger ist als die Gasbeleuchtung, wenn man Zinsen und Amortisation berücksichtigt, aber 7·17mal billiger, wenn nur die Betriebskosten in's Auge gefaßt werden.

Dieser Berechnung wurden folgende Zahlen zu Grunde gelegt: Zahl der Arbeitsstunden per Jahr: 500; Lichtstärke der vier Regulatoren: 320 Carcelbrenner (von 0·0235 Meter äußerem Durchmesser mit einem Verbrauche von 40 Gramm Oel per Stunde); Lichtstärke eines Carcelbrenners = 8·69 Stearinkerzen (10 auf's Kilogramm); Lichtstärke einer Gasflamme, die 100 Ltr. in der Stunde verbrennt = 6·28 Kerzen; Preis eines Kubikmeters Leuchtgas Frcs. 0·25 und endlich Installationskosten der Gasbeleuchtung Frcs. 30 per Brenner.

Kosten der Incandescenz-Beleuchtung.

Edison-Lampe.

Der Kostenpunkt dieser Beleuchtungsart stellt sich nach Schellen's*) Angaben nicht ungünstiger als der der Gasbeleuchtung.

Es ergab sich durch Versuche, daß eine Pferdekraft etwa 12 Lampen à 10 Normalkerzen Helligkeit in Thätigkeit setzen kann. Wird daher der Strom durch eine Siemens'sche dynamo-elektrische Maschine erzeugt und gehen bei dieser selbst 40% an Arbeit verloren, so wäre immerhin nur $1^2/_3$ Pferdekraft erforderlich, die durch eine sehr gute Dampfmaschine beim Verbrennen von 5 Pfund Kohle geliefert werden kann. Bei der Gasbereitung würden diese 5 Pfund Kohlen außer dem rückbleibenden Coaks u. s. w. 25 Kubikfuß Gas geben, welche in 5 Gasbrennern eine Helligkeit von 5·20—5·22, d. h. 100—110 Kerzen liefern.

*) „Die magnet- und dynamo-elektrischen Maschinen." Von Dr. H. Schellen. Köln, 1882.

Somit erhellt, daß in der That die Edison'sche Beleuchtung der Gasbeleuchtung nicht nachsteht.

Lampe von Swan.

Die Beleuchtung mit Lampen von Swan soll nach dessen eigenen Angaben billiger sein als Gasbeleuchtung, denn er sagt: 1000 Kubikfuß Gas in einer Gasmaschine verbrannt, die dadurch gewonnene Kraft zur Erzeugung eines elektrischen Stromes und diesen zur Speisung der Glühlampen verwendet, geben mehr Licht, als wenn man die 1000 Kubikfuß Gas in Gasbrennern verbrennt. Der Saal, in welchem Swan über diesen Gegenstand vortrug, war mit 20 seiner Glühlampen beleuchtet, die an Stelle von 70 Gasflammen gesetzt wurden; die Glühlampen verbrauchten in der früher angegebenen Weise 160 Kubikfuß Gas, die früheren 70 Gasflammen 280 Kubikfuß per Stunde.

Swan glaubt, auf genaue Messungen gestützt, behaupten zu können, daß er aus einer bestimmten Gasmenge mit seinen Lampen doppelt soviel Licht erhält, als wenn diese Gasmenge direct zur Beleuchtung verwendet wird.

Glühlampe von Reynier.

Als Beispiel für die Kosten dieser Beleuchtung ist hier die in der Bleicherei zu Breuil-en-Ange im Betriebe befindliche Installation angegeben.

Die zu beleuchtende Bodenfläche ist in 6 Localen in nachstehender Weise vertheilt:

1 Local mit	327·02	□Meter
1 » »	766·92	»
2 Locale à 761·3 □Mtr.	1522·6	»
1 Local mit	59·92	»
1 » »	78·2	»
Total .	2754·66	□Meter Bodenfläche.

Die Kosten betragen für

1	Gramme'sche Maschine . .	1500	Frcs.
11	Lampen von Reynier . . .	1100	»
11	automatische Anzünder . .	275	»
1	Ausschalter	30	»
1	Galvanoskop	30	»
5	Commutatoren mit 2 Serien	150	»
20	Milchglaskugeln	40	»
10	Reflectoren aus Weißblech .	50	»
115	Meter Kabel von Jarrient .	240	»
	Total .	3415	Frcs.

Die Gramme'sche Maschine erfordert bei 1275 Touren per Minute für 11 Lampen mit je 8—12 Carcelbrennern Leuchtkraft nicht ganz 3 Pferdekräfte.

Ferner kosten per Stunde

die Kohlenstäbe für 11 Lampen . . .	85	Cts.
die Betriebskraft (3 Pfdkr. à 6 Cts)	18	»
Total	103	Cts.

Für jährlich 700 Brennstunden betragen also die Betriebskosten 581 Frcs.

Berichtigung: In der Anmerkung Seite 27 soll stehen: „Reflectoren für Oelbeleuchtung" statt „derartige Reflectoren".

Inhalt.

Die Wunder der Physik und Chemie

für Leser aller Stände

gemeinfaßlich bearbeitet von

Ferdinand Siegmund.

Mit 400 Illustrationen.

60 Bogen. Gr.-8. Eleg. geh. 6 fl. ö. W. = 10 M. 80 Pf.
In Original-Prachtband 7 fl. 20 kr. ö. W. = 13 Mark.
Auch in 20 Lieferungen à 30 Kr. ö. W. = 60 Pf.

In einer Zeit, wo die gesammten Naturwissenschaften sich die Welt erobert haben und der Fortschritt auf allen Gebieten derselben geradezu ein riesiger genannt werden muß, kann man das Erscheinen eines Werkes, welches die „Wunder der Physik und Chemie" gemeinfaßlich darstellt, nur mit lebhaftem Willkommen begrüßen. Das vorliegende Werk ist nicht bestimmt, als physikalisches oder chemisches Handbuch dem Fachmanne zu dienen, es verfolgt einen anderen Zweck, nämlich dem Bedürfniß der allgemeinen Bildung in diesen beiden Wissenschaften, welche auf Künste und Gewerbe, auf das tägliche Leben überhaupt einen so großen Einfluß ausüben, zu dienen. Verfasser vertritt den Standpunkt, den riesigen Stoff in eine knappe Form zu bringen, und Alles, was nur für den exacten Fachmann specielles Interesse hat, sorgfältig auszuscheiden. Er vermied es mit Geschick, die Naturgesetze überall mathematisch zu entwickeln, wie dies z. B. in physikalischen Lehrbüchern gebräuchlich ist, weil viele der Leser, die keinen höheren mathematischen Unterricht genossen haben, die oft complicirten Folgerungen nicht verstanden hätten. Ein Schwergewicht ist vielmehr darauf gelegt, die physikalischen und chemischen Gesetze eingehend zu erörtern und sie dem Verständnisse des Laien näher zu bringen. Wo es nothwendig erscheint, sind die Apparate beschrieben und die Experimente erklärt; doch ist auch hier der Grundsatz festgehalten, daß ein Uebermaß nur schaden und den Leser verwirren kann, ohne ihm einen wesentlichen Nutzen zu bringen. In dem Abschnitte über Chemie ist Verfasser darauf bedacht, den Leser mit dem Standpunkt der modernen Chemie, einer Wissenschaft, die einen ungeahnten Aufschwung nimmt, bekannt zu machen. Wir erwähnen noch, daß die Verlagshandlung für zahlreiche treffliche Illustrationen gesorgt hat, wodurch das Verständniß des Ganzen wesentlich erleichtert wird, und die Ausstattung des Buches überhaupt eine glänzende ist. Möge somit dieses Werk den angestrebten Zweck, belehrend und anregend zu wirken, auch wirklich erreichen und in allen Kreisen, welche Sinn für die Kenntniß der Natur haben, eine freundliche Aufnahme finden.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Urbanitzky, Alfred von

Die elektrische Beleuchtung und ihre Anwendung in der Praxis mit besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse der internationalen elektrischen Ausstellung in Paris im Jahre 1881

Wien [u.a.] 1882